Ueber die im Buntsandstein wandernden Verwitterungslösungen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Einflüssen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt

von

Diplomlandwirt Fritz Klander
aus Nikolausberg bei Göttingen

Jena
Gustav Fischer
1925

Ueber die im Buntsandstein wandernden Verwitterungslösungen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Einflüssen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt

von

Diplomlandwirt Fritz Klander
aus Nikolausberg bei Göttingen

Jena
Gustav Fischer
1925

Vorliegende Arbeit wurde von mir im agrikulturchemischen und bodenkundlichen Institut der Georg-August-Universität zu Göttingen auf Anregung und unter Leitung von Herrn Professor Dr. E. Blanck ausgeführt.

An dieser Stelle möchte ich meinem hochverehrten Lehrer für die wissenschaftlichen Anregungen, die ich von ihm empfangen habe, sowie die weitgehende Unterstützung, die er mir bei meiner Arbeit zuteil werden ließ, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Über die im Buntsandstein wandernden Verwitterungslösungen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Einflüssen.

Von Dr. **Fritz Klander** aus Göttingen.

Mit Tafel 1—6.

Die eigenartigen Verwitterungsformen des Sandsteins in der Sächsisch-Böhmischen Schweiz, sowie des Pfälzer Buntsandsteins haben die Aufmerksamkeit verschiedener Forscher auf sich gezogen. A. Hettner[1]) hat als Erster dem Wasser in Form der Schwitz- oder Sickerwässer die gebührende Beachtung für ihr Zustandekommen geschenkt, woran sich die Forschungen Beyers[2]) und Häberles[3]) anschließen. Eine weitere Klärung der Fragen brachte dann eine Arbeit von E. Blanck[4]), die das Gesamtmaterial kritisch verarbeitet, die Untersuchungen Beyers und Häberles experimentell ergänzt und beträchtlich erweitert hat, vor allen Dingen aber den genetischen Zusammenhang der Bildungen auf bestimmte Ursachen zurückführt.

Alle die bekannten Verwitterungsformen der Sächsisch-Böhmischen Schweiz wie des Pfälzer Buntsandsteins, so die Tischfelsen, Pilzfelsen, Felsentore, Höhlen, ebenso auch die Kleinformen der Verwitterung, nämlich Wabenbildung, Steingitter, Höhlen- und Lochbildung sind nach den Arbeiten genannter Forscher mehr oder weniger zurückzuführen auf im Gestein zirkulierende Lösungen. Beyer macht einen Unterschied zwischen den hier auftretenden Gips- und Alaunlösungen und spricht ersteren eine aufbauende und erhaltende Tätigkeit, letzteren aber einen zerstörenden Einfluß zu. Den Ursprung der Bestandteile der Alaunlösungen sucht er für die Schwefelsäure in der Zusammensetzung des Gesteins als von Eisenkies und Markasit herrührend. Zwar hält er die Herkunft der Schwefelsäure und des Am-

[1]) A. Hettner, Die Felsbildungen der Sächs. Schweiz, Geograph. Zeitschr. Bd. 9, 1903 u. Wüstenformen in Deutschland? ebenda Bd. 16, 1910.

[2]) O. Beyer, Alaun und Gips als Mineralneubildungen und als Ursache der chemischen Verwitterung in den Quadersandsteinen des Sächs. Kreidegebirges. Zeitschr. d. deutsch. Geolog. Ges. 63, 1911/12.

[3]) G. Häberle, Die gitter-, netz- und wabenförmige Verwitterung der Sandsteine, Geolog. Rundschau, Bd. 6, 1915.

[4]) E. Blanck, Die ariden Denudations- und. Verwitterungsformen der Sächs.-Böhm. Schweiz als Folge organischer Verwitterungsfaktoren im humiden Klimagebiet, Tharandter forstl. Jahrb. 1922, Bd. 73, Heft 1.

moniaks aus der Humusdecke für möglich, legt sich aber nicht darauf fest und erwähnt schließlich noch, daß das Ammoniak auch aus der Luft stammen könne. Häberle dagegen gibt die Grundlage der Erklärung für die Bildung der Wabenstruktur, sowie der Steingitter usw., indem er sich hierzu wie folgt äußert[1]: „Die vadosen Wasser durchströmen von oben her das Gestein und vollziehen dabei die verschiedensten mineralchemischen Prozesse; sie vermindern zunächst die Bindefestigkeit, schlämmen die Bindemittelsubstanz je nach ihrer größeren oder geringeren Widerstandsfähigkeit an einzelnen Punkten aus und scheiden sie an anderen Stellen wieder ab. Infolgedessen wird sich an verschiedenen Punkten und in verschiedenen Horizonten unter anderen Verhältnissen auch die Ausscheidung in verschiedener Weise abspielen." Indem auf diese Weise „die widerstandsfähigeren und deshalb herausgewitterten Leisten und Adern den Weg des Sickerwassers bezeichnen" sind die uns bekannten Formen entstanden.

E. Blanck kommt aber auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schluß, daß die Schwefelsäure nicht, oder doch nicht nur allein aus dem Bindemittel des Gesteins entstammen dürfte, denn es scheinen ihm hierfür die gefundenen Schwefelsäuremengen einerseits viel zu groß und die im Gestein enthaltenen schwefelhaltigen Mineralien andererseits viel zu gering. Die Schwefelsäuremengen sind so groß, „daß die Schwefelsäure nur einen bescheidenen Anteil der gefundenen Basen zu binden imstande ist, so daß der größere Teil derselben dem ursprünglich vorhandenen Bindemittel zuzurechnen ist, oder als Sulfat sekundär hinzugeführt, eine spätere Umwandlung erfahren hat[2]". Dies letztere gilt für die eigentlichen Wabenbildungen, aber auch für die Schwarten kommt der Genannte auf Grund seiner Analysenbefunde zu der Annahme[3]), „daß ein Teil der Schwefelsäure im freien Zustande zugegen ist." „Überblicken wir", so läßt sich weiter E. Blanck (S. 113) vernehmen, „das Ergebnis unserer letzten Erörterungen über die chemische Zusammensetzung der Sandsteine des Kreidegebietes, so erscheint es uns doch wahrscheinlicher, daß der Schwefelsäure- bzw. Sulfatgehalt von außen in das Gestein eindringt, anstatt daß er erst im Gestein gebildet wird resp. dortselbst durch Oxydation etwaiger Eisensulfide entsteht."

Die sich aus dem Gestein bildenden Schwefelsäuremengen würden seiner Ansicht nach auch nicht genügen, um die beobachteten tiefgreifenden Veränderungen hervorzurufen, desgleichen erweist sich der nachgewiesene Schwefelsäuregehalt der Lösungen weit größer,

[1]) Häberle l. c. S. 277.
[2]) E. Blanck l. c. S. 97 u. 103.
[3]) E. Blanck l. c. S. 97 u. 103.

als daß er durch Umwandlung des gesamten in mineralischer Bindung vorhandenen Schwefels erklärt werden könnte. Bei der ständigen Fortfuhr der aus ihm entstandenen Schwefelsäure durch die Sickerwässer würde aber auch der Vorrat daran sehr bald erschöpft sein, wennnicht die Möglichkeit einer dauernden Zufuhr von anderer Seite her bestände. „Wir müssen dementsprechend nach Quellen für die Schwefelsäure suchen, welche eine dauernde Neubildung und Zufuhr gestatten. Eine solche kann aber u. E. nur in der Gegenwart der Vegetation mit ihren Folgeerscheinungen gegeben sein“[1]).

Neuere Arbeiten verschiedener Autoren[2]) haben die Möglichkeit der Anwesenheit freier Schwefelsäure im Humus dargetan, auch haben sie eine ungleich stärkere Wirkung der Schwefelsäure, als etwa die der Humussäuren bei der Verwitterung der Silikate erkennen lassen, und da erwiesenermaßen überall dort, wo die fragliche Verwitterung des Sandsteins sich zeigt, auch Humus in genügenden Mengen zugegen ist, kommt dieser Auffassung sicherlich eine große Wahrscheinlichkeit zu.

Wenn die Schwefelsäurebildung aus den auf dem Felsen lagernden Rohhumusschichten durch Zersetzung derselben als möglich zugegeben wird, so erklärt sich „das Löslichwerden und die Wanderung des Eisens und der Tonerde, sowie sonstiger Stoffe“ nach genanntem Autor[3]) etwa folgendermaßen: Die aus der organischen und anorganischen Pflanzenmasse stammende Schwefelsäure und Sulfate im Verein mit geringen Mengen „Humus“ werden durch Wasser in Lösung gebracht und sickern durch die Rohhumusschicht hindurch, um dann auf den darunter lagernden Sandstein zu treffen. Infolge der porösen Beschaffenheit desselben würden die Lösungen außerordentlich schnell nach unten abgeleitet werden, wenn nicht das eisenhaltige, kalkige oder tonige Bindemittel sie daran hinderte. Die freie Schwefelsäure wird sich zuerst allmählich mit den leichter löslichen Eisen- und Kalkverbindungen absättigen und erst später wird sie auf die im Ton oder im silikatischen Verbande enthaltenen Bestandteile wie Tonerde, Magnesia, Kali und Natron einwirken und sie allmählich zur Lösung

---

[1]) E. Blanck l. c. S. 114.

[2]) E. Blanck u. A. Rieser, Über die chemische Veränderung des Granits unter Moorbedeckung. Chemie der Erde, Bd. 2.

H. Kappen u. M. Zapfe, Über Wasserstoffionenkonzentration usw. Landw. Versuchsst., Bd. 40, 1917, S. 343.

E. Ramann, Bodenkunde 1911, S. 100.

W. Thörner, Beitrag zur Aufklärung der Natur des für Pflanzenwuchs und Untergrundbauten schädlichen Schwefels der Moorböden. Zeitschr. f. angew. Chem. 29, 1916, S. 233.

[3]) E. Blanck l. c. S. 122.

bringen. Infolgedessen waren die anfänglich im Gestein zirkulierenden Lösungen solche von Gips und Eisensulfat, verbunden mit geringeren Mengen organischer Substanz. Bei ihrer Durchwanderung durch das Gestein werden sie in ihrem Vordringen nach unten durch die zum Teil feinerdigen Schichtflächen abgelenkt und gezwungen, seitlich bis zu jenen Stellen, wo sich z. B. Schichtfläche und Kluftfuge kreuzen auszuweichen. Dadurch ergibt sich die Ausbildung eines Systems von gitter- und netzartigen Verzweigungen im Gestein, das durch spätere, gleichfalls mit dem Gesamtverwitterungsprozeß im Zusammenhang stehende diagenetische Vorgänge eine Verfestigung erfährt. Werden dann aber diese Bildungen unter irgendwelchen Umständen freigelegt, so daß die äußeren Denudationsfaktoren auf sie einwirken können, so werden sie als diesen schwer zugängliche Materialien in Gestalt von Steingittern und Waben herausmodelliert.

Auch im Buntsandsteingebiet von Reinhausen, südöstlich von Göttingen, zeigen sich an isoliert aufragenden Sandsteinfelsen dieselben Verwitterungsformen, wie sie vom Buntsandstein der Pfalz und vom Quadersandstein der Sächsisch-Böhmischen Schweiz bekannt geworden und studiert worden sind. Ihre nähere Untersuchung[1]) hat dargetan, daß man es in ihnen wider Erwarten mit noch abwechslungsreicheren Verhältnissen in besagter Richtung und noch konzentrierteren Lösungen zu tun hat, als dies im Quadersandsteingebiet Sachsens und Böhmens der Fall ist.

Von den hier auftretenden Verwitterungsformen wurden die zwar nur selten vorkommenden kristallinen Ausfüllungen der Waben, dann solche selbst, sowie auch Eisenschwarten eines und desselben Felsens für gedachten Zweck herangezogen, und es sind hierdurch die oben mitgeteilten Feststellungen aus dem Kreidegebiet Sachsens und Böhmens nicht nur vollauf bestätigt worden, sondern es konnte auch in den im Gestein zirkulierenden Lösungen die Gegenwart von Phosphorsäure, Ammon und Salpetersäure, die zur Hauptsache der die Felsen bedeckenden Humussubstanz entstammen dürften, nachgewiesen werden.

Auf Grund seiner Analysenbefunde kommt E. Blanck zu nachstehend wiedergegebenen Schlüssen[2]): „Es scheint uns infolgedessen eine generelle Beantwortung der Frage nach der Zusammensetzung der in dem Sandsteinfelsen zirkulierenden Wässer und deren Ausscheidungen nicht möglich. Jedoch glauben wir andererseits eine

[1]) E. Blanck u. W. Geilmann, Chemische Untersuchungen über Verwitterungserscheinungen im Buntsandstein, insbesondere über die Natur der im Gestein wandernden Lösungen und deren Ausscheidungen. Tharandter forstl. Jahrb. 1924, Bd. 75, Heft 3, S. 91.

[2]) E. Blanck u. W. Geilmann l. c. S. 112, im Original gesperrt gedruckt.

Stütze für unsere Ansicht erbracht zu haben, daß es insbesondere Sulfatlösungen sind, und daß der Schwefel dieser aus den organischen Pflanzenmaterialien stammt, wie auch Ammon, Salpetersäure und Phosphorsäure zur Hauptsache derselben Quelle entnommen sein dürften. Andererseits unterliegt es keinem Zweifel, daß die auf diese Weise zur Entstehung gelangte Schwefelsäure bedeutend größere Verwitterungserscheinungen auszulösen imstande ist, als die viel schwächer wirksamen Humussäuren, denen man zumeist solche Einflüsse zuschreibt."

Da diesen Untersuchungen zu entnehmen ist, daß die im Gebiet des Buntsandsteins auftretenden Verwitterungserscheinungen, denen des sächsisch-böhmischen Kreidegebirges äußerst nahe stehen, so erschien es erwünscht, die bisher eigentlich nur an einem Felsen durchgeführten Untersuchungen zu erweitern, um zu erfahren, ob die Zusammensetzung der Verwitterungslösungen allgemein die gleiche sei, oder ob sie sich in Beschaffenheit und Konzentration vielleicht von irgendwelchen äußeren Faktoren als abhängig erweise oder bestimmt werde.

Da es sich aber in der vorliegenden Prüfung nur um eine solche allgemein orientierender Art handeln konnte, so erwies es sich als vollständig ausreichend, zur Untersuchung nur Wasserauszüge heranzuziehen. Auch erschien es für den gedachten Zweck nicht einmal angebracht, stärkere Lösungsmittel, wie z. B. Salzsäure, anzuwenden, weil hierdurch aus dem Gestein sicherlich Bestandteile in Lösung gebracht werden, die in der Verwitterungslösung gar nicht enthalten sind. Durch Vorversuche wurde die Menge des Wassers, welche genügte, um alle in der Kälte löslichen Bestandteile zu lösen, ermittelt, und diese Menge Wasser wurde demzufolge bei den später mitzuteilenden Untersuchungen stets benutzt. Durch die oben erwähnten Untersuchungen E. Blancks war die Probeentnahme für neue Untersuchungen unmittelbar vorgezeichnet. Sie wurde im wesentlichen im Reintal, Kellengrund und Bürgertal des Bodenhäuser Forst in unmittelbarer Nähe des Dorfes Reinhausen[1]) vorgenommen. Nur zwei Proben stammen aus der sog. „Ischenröder Schweiz" hinter dem Orte Bremke. Die der Untersuchung dienenden Felsen erweisen sich als frei zutage tretende Schichtköpfe der Bausandsteinzone[2]). Ihre Ausbildung und Lage vermitteln uns ohne weiteres die beigefügten Abbildungen.

Bevor ich an die Beschreibung der Fundorte für die Probeentnahme und an die Mitteilung der chemischen Untersuchungen

[1]) Vgl. die beigefügte Kartenskizze.

[2]) Vgl. A. v. Koenen, Erläuterungen zu Blatt Reinhausen der geolog. Spezialkarte von Preußen 1894. Ferner E. Blanck u. W. Geilmann l. c. S. 91.

herantrete, möchte ich den von mir eingeschlagenen Analysengang zur Ermittlung meiner chemischen Befunde kurz angeben:

Je 1 kg Gestein oder Sand dienten in allen Fällen als Ausgangsmaterial. Hiervon wurden jeweils 400 g der durch das 2 mm-Sieb geschlagenen lufttrockenen Probe mit 1000 ccm destilliertem Wasser, das vorher durch Auskochen kohlensäurefrei gemacht worden war, 48 Stunden in der Kälte digeriert und hierauf Sand und Lösung durch Abfiltrieren voneinander getrennt. Das Filtrat wurde wiederum auf 1000 ccm gebracht. Nachdem die Reaktion der Lösung mit Methylorange festgestellt worden war, wurden 250 ccm derselben, d. h. eine 100 g Substanz entsprechende Menge eingedampft und bei 105° getrocknet und gewogen. Nach dem Abscheiden der SiO_2 erfolgte in üblicher Weise die Ermittlung der Sesquioxyde, des CaO, MgO, der Alkalien und der SO_3. Eine weitere Trennung der Sesquioxyde war jedoch wegen der außerordentlich geringen Menge unmöglich. Die qualitative Prüfung zeigte nie Phosphorsäure an. In einem Falle — bei B 10 III[1]) — konnte Mangan nachgewiesen werden, das kolorimetrisch ermittelt wurde. Weitere 250 ccm der Ausgangslösung dienten zur fällungsanalytischen Cl-Bestimmung unter Benutzung von Kaliumchromat als Indikator. Die restlichen 500 ccm der Lösung wurden nach der Kjeldahlmethode auf Stickstoff untersucht.

Bemerkt möge noch werden, daß die Proben B 9 I und B 10 I, die Schwarten- bzw. Ausblühungssubstanz darstellen, infolge eines zu gering vorhandenen Materials besagtes Vorgehen nicht gestatteten, so daß hier etwas abweichend von der Regel verfahren werden mußte. Aus gleichem Grunde erlaubte die Sickerwasserprobe auch nicht mehr die Bestimmung des Stickstoffes.

Die Untersuchung des Humus auf wasserlösliche und Gesamtschwefelsäure geschah folgendermaßen: Von der lufttrockenen Mischprobe des Humus B 9 wurden wegen seines geringen Sandgehaltes 10 g, von den anderen beiden Proben je 20 g mit ausgekochtem, lauwarmem, destilliertem Wasser vier Stunden geschüttelt. Dann wurde durch ein Leinentuch filtriert, die Masse ausgepreßt und mit etwa 500 ccm Wasser nachgewaschen. Nachdem zur Trockne eingedampft und die letzten Reste der Humussubstanz durch ein Filter zurückgehalten waren, konnte die Schwefelsäure nach der üblichen Methode im Filtrat bestimmt werden. Zur Ermittlung der Gesamtschwefelsäure wurden etwa 10 bzw. 20 g Humussubstanz mit einem Spiritusbrenner — um etwaige Fehler durch den Schwefelgehalt des Leuchtgases zu vermeiden — verascht. Der mit 10%iger Salzsäure

[1]) Die Erklärung der Abkürzungen ergibt sich aus den folgenden Angaben über die Probeentnahme usw.

behandelte unlösliche Rückstand ergab nach Abzug der laugenlöslichen Kieselsäure den Sandgehalt. Das Filtrat diente zur Schwefelsäurebestimmung.

Die Beantwortung der eingangs angeschnittenen Fragen erfordert sowohl eine etwas eingehendere Beschreibung der äußeren Lage der Felsen wie auch der einzelnen Schichten, aus denen die Proben genommen wurden. Ferner erweist sich die Angabe der Jahreszeit, zu welcher die Probeentnahme stattfand, erforderlich.

Wie schon erwähnt, haben wir uns hauptsächlich mit den im Bürgertal, Kellengrund und Reintal südlich des Dorfes Reinhausen anstehenden Felsen beschäftigt. Der Felsen des Reintals soll mit R bezeichnet werden; seine einzelnen Proben werden fortlaufend durch römische Ziffern gekennzeichnet. Die im Bürgertal genommenen Proben tragen dagegen die Bezeichnung B. Die Felsen sind durch arabische, die einzelnen Schichten derselben durch römische Ziffern gekennzeichnet.

Der Felsen R des Reintals sei nach seiner Lage, Beschaffenheit usw. zuerst beschrieben (vgl. auch die Kartenskizze): Auf der westlichen Seite des Reintales umsäumen fünf Felsen das Hochplateau südlich von Reinhausen. Der von Süden her gesehene zweite Felsen zeigt von allen fünf die mannigfachsten der uns hier interessierenden Verwitterungsformen, wie u. a. Höhlungen, Wabenstrucktur, Ausblühungen und Sickerwässer.

An ihm sind zu unterscheiden: erstens ein Hauptschichtenblock, der in zahlreiche einzelne Schichten zerfällt, und den wir noch etwas eingehender betrachten müssen, da von ihm die untersuchten Proben stammen, zweitens zwei weitere Schichtenblöcke, die terrassenförmig ansteigen und ebenfalls verschiedene Verwitterungsformen zeigen, die aber nicht näher untersucht wurden. Sie seien hier nur erwähnt, weil sie dem Schichtkopf zugehören, und weil die später erwähnte Humusprobe R und der Verwitterungssand R I oberhalb der zweiten Terrasse entnommen wurden. Die Terrassen sind mit Buchenhochwald, Strauchwerk sowie mit sonstiger Waldvegetation bedeckt, so daß auf ihnen eine reichliche Laub- und Humusansammlung vorhanden ist.

Der Hauptschichtenblock liegt nach Osten und Norden frei. Die Länge der nach Osten (nach dem Reintal zu) gerichteten Seite beträgt etwa 18 m. Die Gesamtmächtigkeit der hier zutage tretenden Schichten ist 4—4,5 m. Die beigefügte Abbildung 1 gibt die außerordentlich große Verschiedenheit der einzelnen Schichten wieder. Harte, einige dm mächtige Blöcke, in denen kaum eine Schichtung zu erkennen ist, wechseln mit mürben und bröckligen Schichten, in denen sich innerhalb einer Mächtigkeit von 20 cm ebensoviel und

mehr Schichtflächen erkennen lassen, ab. Sie heben sich entsprechend ihrer wechselnden Beschaffenheit voneinander deutlich ab und springen räumlich bald vor, bald zurück. Im einzelnen ist die Schichtung durchaus diskordant. Die Verwitterung ist zum Teil so weit vorgeschritten, daß man wohl von Höhlungen sprechen darf, die durch die zurücktretenden Schichten gebildet werden. Wenn sich zwischen zwei solchen Höhlen eine Schicht einschaltet, die nicht so stark angegriffen ist, so liegt sie infolgedessen nach drei Seiten hin frei, und das hierhin gelangende Sickerwasser wird naturgemäß in stärkerem Maße zur Verdunstung gebracht, als in den anderen Schichten. Auf der Dachfläche einer derartig hervortretenden Schicht, die ihrerseits die Sohle einer Höhle bildet, sammelt sich oftmals lockerer Sand als Verwitterungsprodukt an. In der Tiefe der darüber liegenden Höhlung, in der infolge des Austritts von Sickerwasser stets ein gewisser Grad von Feuchtigkeit herrscht, wird aber der Abtragung durch Wind entgegengearbeitet werden, und so ist gerade hier häufig eine ganz beträchtliche Menge Sand vorhanden. Es sei jedoch bemerkt, daß diese Erscheinung nicht nur an dem in Rede stehenden Felsen R des Reintales zu beobachten ist, sondern daß solche Sandablagerungen in Verbindung mit horizontalen Höhlungen eine ganz allgemeine Erscheinung unseres Gebietes sind, auf die wir noch verschiedentlich zurückzukommen Gelegenheit nehmen werden.[1])

Auf der Ostseite unseres Felsens R in etwa 2 m Höhe bildet eine zurücktretende Schicht eine derartige Höhlung. Der hier zur Ablagerung gelangte lockere Sand (R II) und die darunter liegende Schicht (R III), die aus ziemlich festem, rotem Sandstein besteht, dienten zur Untersuchung. Diese Schicht R III ließ auch gut ausgebildete Wabenstruktur erkennen, in der geringe Mengen von Ausblühungssubstanz zur Zeit der Probeentnahme vorhanden war. Auf der Abb. 1 nimmt man an dieser Stelle eine vertikale Kluftspalte wahr, die diese Seite des Felsens in zwei Teile trennt. In entsprechender Schichtlage wurde auch nördlich der Spalte eine Probe lockeren Sandes (R IV) und eine Probe der darunter lagernden Schicht (R V) entnommen.

Schicht R V baut sich wie R III aus dunkelrotem Sandstein auf, zeigt aber eine bedeutend geringere Festigkeit. Die Entnahme der Proben R I bis III erfolgte am 29. Oktober 1923, die der Proben R IV bis VI einige Tage später, nämlich am 3. November 1923. Von diesen stellt R VI abermals einen losen Sand, genommen von der Sohle einer großen Höhle auf der nach Norden gerichteten Seite des Felsens R, dar. Die Schichten liegen auf dieser Seite in einer Länge von 10 m

[1]) Vgl. die beigefügte Abb. 1.

frei und bilden in der Hauptsache eine Höhle von beschriebener Art, deren Sohle mit dem Waldboden in einer Höhe liegt. Die nächste Schicht, die wieder vorspringt, und dadurch das Dach zu dieser Höhle bildet, befindet sich erst in einer Höhe von 2,5 m. Nach Westen zu nimmt die Höhe der Höhle naturgemäß ab, da hier die Schichten mit dem Geländeabhang konvergieren und schließlich ganz verschwinden. Die Höhle geht über 7 m tief in den Felsen hinein, so daß sie wahrscheinlich mit der vertikalen Kluftspalte auf der Ostseite des Felsens in Verbindung steht.

Außerdem ist auf dieser Seite noch jener „sanduhrförmigen Pfeiler" Erwähnung zu tun, die schon A. Beck[1]) in der Sächsischen Schweiz beobachtet und beschrieben hat. Die Vermutung, daß diese Gebilde den Sickerwässern ihren Weg vorschreiben, fand durch den Umstand Bestätigung, daß sich hier am 18. August 1924, nach einer längeren Regenperiode[2]), tatsächlich Sickerwasser zeigte, das durch „Mulden" im Gestein angesammelt, von dort weiter geleitet wurde. Es konnte von dem Wasser eine für die Untersuchung genügende Menge an diesem Tage aufgefangen werden.

Da die untersuchten Proben, wie später dargetan werden wird, z. T. einen ziemlich großen Betrag an wasserlöslichen Bestandteilen aufweisen, so lag die Frage nahe, ob sich die Konzentration der Lösungen im Felsen auch noch auf den Waldboden von Einfluß zeige. Es wurden daher verschiedene Proben von diesem in analoger Weise zur Untersuchung herangezogen. Es ist schon erwähnt, daß die Felsen im Reintal zwischen kurzen Quertalungen liegen, so daß der Geländeabhang unterhalb des Felsens als Rücken zwischen den Quertalungen hervorragt. Da nun aber die Absenkung nach Norden wie nach Süden hin ziemlich gleichmäßig ist, so erschien es angezeigt, für genannten Zweck Proben des Waldbodens auf beiden Seiten unmittelbar unter dem Felsen und auch nahezu auf der Talsohle zu entnehmen. Der Boden dicht unter dem Felsen auf der südlichen Seite wurde mit: Boden R I, der auf der anderen Seite mit Boden R II, und die beiden tieferliegenden Böden dementsprechend mit Boden R III und Boden R IV bezeichnet. Der Tag der Probeentnahme für die Böden war der 25. Mai 1924.

Die chemische Untersuchung der vorgenannten Sand- und Gesteins- nicht aber der Bodenproben ergab folgendes Resultat: (vgl. Tabelle S. 58).

---

[1]) A. Beck, Erläuterungen zur geolog. Spezialkarte des Kgr. Sachsen, Sekt. Sebnitz-Kirnitztal, Bl. 85, S. 25—28 und Sekt. Königstein-Hohenstein, Bl. 84, S. 19—23.

[2]) Vgl. die beigefügte graphische Darstellung der Niederschlagsverhältnisse.

Von 100 g wurden gelöst im Mittel in g:

Datum	29. X. 23	29. X. 23	29. X.23	3. XI. 23	3. XI. 23	3. XI. 23
Bezeichnung	R I	R II	R III	R IV	R V	R VI
Art u. Lage der Probe	Sand oberh. des Felsens	lock. Sand a. d. Osts. oberh. R III	fest. rötl. Gest. m. Ausblüh. in 2 m Höhe	entspr. R II nördl. d. Kluft	entspr. R III nördl. d. Kluft	Sand a. d. Sohle der Höhle der Nords. des Felsens
SiO_2	0,001	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004
Sequioxyde	—	0,001	0,007	0,007	0,007	0,002
CaO	0,004	0,009	0,134	0,055	0,090	0,114
MgO	Sp.	0,003	0,022	0,009	0,043	0,047
K_2O	0,003	0,012	0,012	0,018	0,068	0,013
Na_2O	0,006	0,009	0,008	0,023	0,042	0,034
$(NH_4)_2O$	0,002	0,001	0,001	0,006	0,009	0,001
Cl	0,003	0,004	0,005	0,005	0,049	0,046
SO_3	0,006	0,030	0,201	0,131	0,251	0,246
Summe	0,025	0,072	0,395	0,256	0,562	0,507
Gewogener Rückstand	0,029	0,071	0,412	0,273	0,671	0,526
Reaktion	neutral	sauer	schw. sauer	sauer	neutral	sauer

Der Gesamtgehalt an wasserlöslicher Substanz ist außerordentlich verschieden. Er schwankt zwischen 0,671 g (R V) und 0,029 g (R I). Wenn wir die einzelnen Proben nach der Menge der insgesamt löslichen Stoffe ordnen, so gewinnen wir folgendes Bild:

Bezeichnung	R V	R III	R IV	R II	R I
Art und Beschaffenheit der Probe	mürb. rötl. Gest. einer hervorrag. Schicht	fest. rötl. Gest. mit Ausblüh.	lock. Sand oberhalb R V	lock. Sand oberhalb R III	Sand oberh. d. 2. Terrasse
Datum der Probeentnahme	3. XI. 23	29. X. 23	3. XI. 23	29. X. 23	29. X. 23
Gel. Substanz	0,671 g	0,412 g	0,273 g	0,071 g	0,029 g

Da zwischen den Zeiten, zu welchen die Proben genommen wurden, nur wenige Tage liegen, in denen keine größeren Niederschläge fielen[1]), und unter dem schützenden Laubdach des Waldes keine allzu große Sonnenbestrahlung herrschte, so erscheint es berechtigt, die Zeit der Probeentnahme als gleichwertig zu behandeln. R I ist der Sand, der unter der vorher entfernten Humusschicht auf dem festen Gestein

[1]) Vgl. die beigefügte graphische Darstellung der Niederschlagsmenge.

auflagert. Er enthält den geringsten Gehalt an löslicher Substanz und zeigt sich daher auch in bezug auf die Beteiligung der einzelnen Bestandteile nur wenig verschieden von den später untersuchten Böden in der Nähe und unterhalb des Felsens. Die schon in der Sächsischen Schweiz beobachtete Abhängigkeit der Konzentration der Sickerlösungen[1]) von der Mächtigkeit der durchsickerten Gesteinsmassen findet durch vorliegende Untersuchungsergebnisse eine weitere Bestätigung; denn sowohl südlich wie nördlich der Vertikalkluft zeigen die losen Sande R II bzw. R IV eine erhebliche Zunahme gegenüber dem zu oberst liegenden Sand R I. Die ersteren stehen aber ihrerseits an Gesamtmasse löslicher Substanz weit hinter den darunter liegenden Schichten R III und R V zurück. Aus der Zusammenstellung geht ferner unzweideutig hervor, daß die Konzentration der Lösungen in den entsprechenden Schichten nördlich der Vertikalkluft größer ist als die der südlichen Hälfte. Durch die vorliegenden Untersuchungen erfährt die Ansicht, daß[2]) „es insbesondere Sulfatlösungen sind und daß der Schwefel dieser aus den organischen Pflanzenmaterialien stammt", noch eine weitere Stütze. Die vorhandenen Kationen würden nämlich fast in keinem Falle ausreichen, um das SO_3 zu binden, so daß wir auch hier wieder zu der Überzeugung kommen müssen, daß es zum Teil freie Schwefelsäure ist, die im Gestein mitzirkuliert, was auch mit der häufig ausgesprochen sauren Reaktion der Lösungen im Einklang steht. Doch wenden wir uns wieder den speziellen Verhältnissen des Felsens R zu!

Die zu erwartende Zunahme der Konzentration der Lösungen mit der Mächtigkeit der Schichten ist tatsächlich vorhanden. Die Beteiligung des Chlors tritt gegenüber der Schwefelsäure ganz erheblich zurück. Von den Metallen überwiegt das Calcium gegenüber dem Kalium, während Natrium nur in geringem Maße beteiligt ist.

Die Lösungskonzentration scheint aber nicht nur eine Funktion der Mächtigkeit der durchsickerten Schichten zu sein, sondern sie dürfte auch wesentlich durch die Neigung der Schichten und deren größere oder geringere Durchlässigkeit beeinflußt werden. M. a. W.: überall, wo das Sickerwasser infolge der natürlichen Verhältnisse in großen Mengen leicht hineingeleitet wird, geht man nicht fehl, eine größere Menge löslicher Stoffe im Gestein als vorhanden anzunehmen, als an solchen Stellen, zu denen die Lösungen nur sehr schwer hingelangen werden.

Ein weiterer Faktor, der auf die Beschaffenheit der Lösungen seinen Einfluß geltend machen wird, ist in dem Umstande der Mög-

[1]) E. Blanck l. c. S. 133.
[2]) E. Blanck u. W. Geilmann l. c. S. 112.

lichkeit einer schnellen Verdunstung, die durch Vergrößerung der Oberfläche, hervorgerufen durch das Hervortreten einzelner Schichten gegenüber anderen, wesentlich gesteigert werden kann, gegeben. Werfen wir unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte noch einmal einen Blick auf die durch die Untersuchung gewonnenen Ergebnisse, so können wir die schon oben dargelegte Zunahme in der Menge der löslichen Stoffe von oben nach unten hier noch einmal feststellen. Sodann scheint sich eine schnellere Verdunstung bei den Proben R IV und R V (nördlich der Kluft) gegenüber R II und R III (südlich der Kluft) geltend zu machen; denn während die Schicht R III trotz der Wabenstruktur aus einem verhältnismäßig glatten Block besteht, setzt sich R V aus einer großen Zahl einzelner dünner Schichten zusammen, die schon stark verwittert sind und durch diese Unregelmäßigkeiten eine große Oberfläche aufweisen, was durch die bedeutend höheren Analysenwerte der letzteren gegenüber den ersteren zum Ausdruck kommt.

Es wird sich im Verlauf der weiteren Untersuchungen verschiedentlich als sichergestellt ergeben, daß immer nur diejenigen Schichten eine relativ große Menge an löslichen Stoffen führen, zu denen die Sickerwässer unter den natürlichen Verhältnissen leichten Zutritt haben. Durch aufmerksame Beobachtung an Ort und Stelle fällt es nicht schwer, sich geradezu in den Verlauf derselben hineinzuversetzen und mit ziemlicher Sicherheit die Punkte oder Schichten herauszufinden, an denen eine verhältnismäßig hohe Konzentration zu erwarten sein wird. Hierfür mag als Beispiel die Probe R VI dienen. Diese besteht aus lockerem Sand auf der Sohle der vorerwähnten großen Höhle, die fast die ganze nach Norden gerichtete Seite des Felsens R einnimmt. Die von oben herkommenden Leckwässer werden hier festgehalten. Die Tätigkeit des fließenden Wassers muß an dieser Stelle besonders wirkungsvoll gewesen sein; denn die aus ziemlich hartem Gestein bestehende Sohle wies zahlreiche „Mulden" auf, durch die das angesammelte Wasser weiter geleitet zu werden scheint.

Die Entnahme des Sandes zur Untersuchung erfolgte zu einer Zeit, in der kein Tropfwasser mehr zu beobachten war. Wenn aber die Verhältnisse tatsächlich so liegen, wie sie hier soeben dargestellt worden sind, so stand nach dem voraufgegangenen, regenreichen Monat Oktober[1]) hier eine hohe Menge löslicher Stoffe zu erwarten. Die Analyse des Sandes R VI ergab in der Tat als Summe der löslichen Substanzen 0,526 g.

Daß sich die Verhältnisse bezüglich des Verlaufs der Sickerwässer in der geschilderten Weise abspielten, fand sich vollauf bestätigt durch

[1]) Vgl. die graphische Darstellung der Niederschläge.

die Beobachtung am 18. August 1924 nach vorangegangenen heftigen Regengüssen[1]). Die Randzonen der erwähnten „Mulden" waren durch Kristallausscheidungen genau kenntlich und der daneben liegende lockere Sand war vollständig mit Wasser vollgesogen. Es war an diesem Tage auch möglich, eine genügende Menge Leckwasser aufzufangen, dessen Untersuchung folgendes Resultat ergab:

In 1 l waren gelöst: in g

	I	II	im Mittel
SiO_2	0,020	0,019	0,019
Fe_2O_3	0,006	0,006	0,006
CaO	0,016	0,016	0,016
MgO	0,011	0,011	0,011
K_2O	0,045	0,045	0,045
Na_2O	0,029	0,027	0,028
Cl	0,011	0,011	0,011
SO_3	0,073	0,075	0,074
N_2O_5, $(NH_4)_2O$	—	—	—
Summe	0,211	0,210	0,210
gewogener Rückstand	0,206	0,211	0,208

Reaktion der Lösung sauer.

Nach den früheren Arbeiten auf diesem Gebiet steht es außer Zweifel, daß den Sickerwässern bei der Verwitterung die Hauptrolle zuzuschreiben ist, mag man ihnen nur eine rein mechanische Wirkung zuschreiben oder sie, welcher Auffassung wir beipflichten möchten, als Träger der chemischen Verwitterung auffassen. So äußert sich Beyer[2]) hierüber dahingehend: „Diese chemische Verwitterung wirkt bei Anwesenheit der Schwefelsäure und des Bindemittels ununterbrochen, solange genügend Feuchtigkeit vorhanden ist. Sie wird gesteigert im Frühjahr und zu anderen Jahreszeiten durch längeren Regenfall und nur vorübergehend unterbrochen durch langandauernde Trockenperioden."

Es erschien daher wünschenswert zu untersuchen, ob bei dauernder Anwesenheit einer Schwefelsäurequelle, die wir ja entgegen der Ansicht genannten Autors in der auflagernden Rohhumusdecke sehen, sich tatsächlich innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeiträume durch wechselnde Niederschlagsmengen eine Änderung der Konzentration der löslichen Stoffe im Gestein zeigt. Es wurden zu diesem Zwecke von ein und demselben Felsen genau entsprechende Proben einmal im Juli und andermal im September genommen. Hierzu diente ein Felsen im Bürgertal, dessen örtliche Beschreibung hier zunächst wieder Platz finden möge[3]):

[1]) Vgl. die graphische Darstellung der Niederschläge.

[2]) Beyer l. c. S. 460.

[3]) Vgl. hierzu die beigefügte Kartenskizze und die Abb. 2.

Auf der rechten (östlichen) Seite des Bürgertals befindet sich ein zutage tretender Schichtenkopf von dunkel- bis mittelrotem, ziemlich festem Sandstein, dessen Front ziemlich genau in der Nord-südrichtung liegt. Die Länge der anstehenden Schichten beträgt ungefähr 24 m, die maximale Höhe 4 m. Etwa in der Mitte dieses Blockes ist eine vertikale Spalte bemerkbar, die aber nicht so tiefgreifende Veränderungen hervorgerufen hat als jene bei dem Felsen R des Reintales. Der Teil südlich dieser Spalte diente hauptsächlich der Untersuchung. (Die Abbildung zeigt auch nur diesen Teil.) Wir haben hier wieder folgende Schichtstufen zu unterscheiden:

Erstens: zu unterst befindet sich ein 1 m mächtiger Sockel aus dunkelrotem ziemlich festem Sandstein (Abb. 2: b). Diese Schicht ist wenig verwittert und läßt auch wenig Schichtung erkennen. 4 m südlich der vertikalen Spalte ist eine 0,5 m hohe und 3 m tiefe Höhlung vorhanden. Der untere Sockel tritt gegen die hangenden Schichten 1—1,5 m zurück. Diese Schicht ist nahezu wagerecht.

Zweitens: über diesem Sockel baut sich ein 2 m mächtiger Komplex von mannigfach verwittertem, gelbbraunem bis dunkelrotem, teils festem, teils weniger festem Sandstein auf. An einzelnen Stellen ist mittelmäßig ausgebildete Wabenstruktur zu erkennen. Diese ganze Schichtgruppe liegt nahezu wagerecht, weist aber in sich stark ausgeprägte Kreuzschichtung auf. Zur Untersuchung dienten:

1. die untere Schicht der oberen Gruppe (Abb. 2: a), bestehend aus gelbbraunem, mürbem Sandstein überzogen und durchsetzt mit einer dunkelbraunen Kruste = B 3 III,

2. eine Probe derselben Schicht, die aber 1,5 m weiter südlich und etwa 0,30 m höher lag als Probe 1. Bezeichnet wurde diese mit B 3 II.

3. Eine Probe, die sich noch etwa 1,5 m weiter südlich und etwa 0,70 m über dem unteren Sockel (Abb. 2: b) befand und aus gelbem bis braunem Gestein aufgebaut war. Sie erhielt die Bezeichnung B 3 I. Diese letzte Einzelschicht springt gegenüber den anderen 15 cm vor, so daß wieder in bekannter Weise ein überhängendes Dach gebildet wird, dessen Unterseite Wabenstruktur überzieht.

Zu B 3 III ist zu bemerken, daß nach dieser Stelle entsprechend der Lage der Schichten wenig Sickerwasser hingelangen wird, während bei B 3 II soviel davon austreten konnte, daß auf der Oberfläche des Sockels ein 10 cm tiefes und 10 cm breites Loch durch die fallenden Tropfen ausgewaschen war. Zu B 3 I konnte, wenn auch nicht in überreichlichem Maße, Sickerwasser hingelangen. Die Probeentnahme erfolgte für alle drei Proben am 23. Juli 1923 und am 18. September 1923. Die Vegetation oberhalb des Felsens besteht neben niederen Pflanzen und Gräsern aus Mischwald, und zwar sind es vorwiegend Eichen, Buchen, Kiefern und nur wenige Tannen.

Die chemische Untersuchung der drei Proben führte zu folgendem Ergebnis:

Von 100 g wurden gelöst im Mittel in g:

Datum	23. VII. 23	18. XI. 23	23. VII. 23	18. IX. 23	23. VII. 23	18. IX. 23
Bezeichn.	B 3 I	B 3 I	B 3 II	B 3 II	B 3 III	B 3 III
Art u. Lage der Probe	festes gelbes bis braunes Gestein		mürb. weiß. Sandstein in mittlerer Höhe		gelbbr. Gestein von einer dunklen Kruste bedeckt unterste Schicht	
SiO_2	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001
Sesquioxyde	—	—	—	—	—	0,083
CaO	0,005	0,017	0,023	0,010	0,042	0,026
MgO	0,003	0,064	0,004	0,004	0,043	Sp.
K_2O	0,017	0,015	0,019	0,024	0,029	0,026
Na_2O	0,014	0,054	0,016	0,063	0,077	0,010
$(NH_4)_2O$	Sp.	0,002	0,007	0,002	0,008	0,001
Cl	0,002	0,014	0,013	0,028	0,050	0,021
SO_3	0,018	0,053	0,057	0,054	0,166	0,075
Summe	0,060	0,221	0,139	0,286	0,416	0,243
Gewogener Rückstand	0,052	0,198	0,126	0,255	0,403	0,217
Reaktion	sauer		sauer		sauer	

Ganz allgemein kann man feststellen, daß die Gesamtmenge der löslichen Stoffe nicht an die bei dem Felsen R des Reintals festgestellten Mengen heranreicht. Als Grund hierfür ist wohl die bedeutend geringere Oberfläche des Felsens B 3 gegenüber R anzunehmen.

Wenn wir die Analysenbefunde nach der Höhe der Summe der löslichen Substanz und den verschiedenen Zeiten der Probeentnahme ordnen, so bekommen wir nachstehende Reihenfolge:

23. VII. 23			18. IX. 23	
B 3 I	0,052	oben	B 3 I	0,198
B 3 II	0,126	Mitte	B 3 II	0,255
B 3 III	0,403	unten	B 3 III	0,217

Die Möglichkeit des Hingelangens von Sickerwasser war bei B 3 III gering, bei B 3 II groß, bei B 3 I mittelmäßig.

Die am 23. Juli 1923 genommenen Proben geben ebenso wie bei dem Felsen R von oben nach unten eine Zunahme der löslichen Substanz an. Die an dem späteren Termin, nämlich am 18. September, genommenen Proben derselben Schichten nehmen, nach der Menge der löslichen Substanz aufgestellt, eine andere Reihenfolge ein. Man sieht, daß B 3 III, welches am 23. Juli mit 0,403 g an erster Stelle stand, bei der Wiederholung der Probeentnahme mit 0,217 g an die zweite Stelle tritt. Dagegen hat sich die gelöste Substanz in Probe

B 3 II gegenüber der früheren Entnahme verdoppelt. Auch die Schicht B 3 I hat eine Zunahme um fast das Vierfache der ersten Untersuchung erfahren. Während aber die Unterschiede der gelösten Substanzmengen bei der ersten Probeentnahme für die einzelnen Proben recht große sind, denn sie stehen in einem Verhältnis von 8 : 2,5 : 1, so erweisen sie sich im zweiten Falle nur noch als sehr verschwindend, nämlich wie 1,3 : 1,2 : 1.

Hiernach gewinnt es den Anschein, als ob innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Frist auch bei den relativ geringen Niederschlägen, die in dieser Zeit gefallen sind[1]), tatsächlich die Konzentration der Lösungen sich nach den oben angedeuteten Zusammenhängen derartig änderte, daß dort, wo die Lösungen gut hingelangen können, eine Zunahme, im gegenteiligen Fall aber eine Abnahme zu bemerken ist, und daß auf diese Weise der Ausgleich zwischen den Resultaten bei der zweiten Probeentnahme zu erklären ist.

Was aber die Zusammensetzung der Lösungen anbelangt, so werden wir unsere Aufmerksamkeit in erster Linie wieder der Schwefelsäure zuwenden müssen. Man sieht, daß dieselbe auch hier in starkem Maße vorherrscht. Während aber beim Felsen R des Reintals der prozentuale Anteil bei allen Proben nahezu der gleiche ist, sehen wir an dem Felsen B 3 bei den am 18. September genommenen Proben starke Verschiebungen auftreten. Bei geringerem Vorhandensein von SO_3 ist Cl in größerer Menge an ihre Stelle getreten. Von den Kationen sind es Ca, K, Na, Mg, die sich als Bestandteile in mehr oder weniger hohem Grade an den Lösungen beteiligen. Mg spielt auch hier bei fast allen Proben mit Ausnahme von B 3 I (18. September) und B 3 III (23. Juli) eine untergeordnete Rolle. Aus diesen Analysen kann man also folgendes ersehen:

1. Die schon an dem Felsen R gemachte Feststellung einer Zunahme der löslichen Bestandteile von oben nach unten wird in Hinsicht auf die erste Probeentnahme am 23. Juli 1923 vollauf bestätigt.

2. Durch die Berücksichtigung der späteren Probeentnahme am 18. September 1923 wird gezeigt, daß die Möglichkeit des Hingelangens der Sickerwässer höchstwahrscheinlich ihren Einfluß auf die Zusammensetzung der Lösungen ausübt und daher insofern ausgleichend gewirkt hat, als der Wert für B 3 I von 0,052 g (Summe der löslichen Substanz) auf 0,198 g, d. i. das 3,8fache und der für B 3 II von 0,126 auf das Doppelte, nämlich 0,255 gestiegen ist.

3. Da bei der Wiederholung der Probeentnahme am 18. September 1923 die Probe B 3 III nicht nur keine Zunahme, sondern sogar eine Abnahme auf fast die Hälfte zeigt, trotzdem sie räumlich am tiefsten

[1]) Vgl. die beigefügte graphische Darstellung der Niederschläge.

liegt, so ist anzunehmen, daß wir es nicht nur mit einer Bewegung der Lösungen von oben nach unten zu tun haben, sondern daß unter günstigen Verhältnissen bei stark einsetzender Verdunstung eine Aufwärtsbewegung der Lösungen erfolgen kann, die durch die Porosität des Buntsandsteins gefördert wird.

Zum weiteren Vergleich von solchen Proben, die zu verschiedenen Zeiten ein und demselben Felsen an denselben Stellen entnommen wurden, sowie zur Untersuchung eigenartiger Verwitterungserscheinungen, wie es die weißlichen Deckschichten der halblinsenförmigen Höhlungen sind, wurde folgender Felsen herangezogen:

Etwa 40 m nördlich der Wegekreuzung[1]) zwischen Kellengrund und Bürgertal auf der rechten (östlichen) Seite des letzteren befindet sich der Felsen B 9*). Seine Front liegt annähernd in der Nordsüdrichtung. Die Schichten liegen im wesentlichen wagerecht. Die Länge des uns hier interessierenden Schichtkopfes beträgt 12 m, seine Mächtigkeit 3—4 m.

Die Hauptfront liegt nicht in einer Ebene, sondern gleicht einem Keil mit vertikaler Schneide, die nach Westen gerichtet ist; die Seiten weisen dementsprechend nach Nordwesten bzw. nach Südwesten (auf der Abb. 3 mit a kenntlich gemacht). Es sind hier also zwei Teile zu unterscheiden:

Die nach Südwesten gerichtete Seite besteht aus einem oberen Block (Abb. 3: b), aus dunkelrotem, sehr festem, unverwittertem Sandstein, in dem keine Einzelschichtung zu erkennen ist, und aus einem unteren Sockel aus weißgrauen Schichten von wechselnder Härte. In dieser Schichtgruppe zeigen sich 50 cm tiefe, 60 cm hohe, halblinsenförmige Höhlungen (Abb. 3: c), die innen mit einer weißen Kruste bedeckt sind. Diese Höhlungen sind offenbar durch herausgetretenes Sickerwasser gebildet worden[2]). An der Grenzfläche (Abb. 3: d) der oberen und der unteren Schichtgruppe sind jene schon beim Felsen R beobachteten, „sanduhrförmigen Ausbildungen“[3]) des Gesteins vorhanden, an denen das Sickerwasser herabtropft.

Im Gegensatz hierzu bildet auf der nordwestlichen Seite der obere Block mit den zurücktretenden unteren Schichten eine 4 m lange, 1,75 m tiefe, vorn 30 cm hohe horizontale Höhlung, die sich nach hinten verjüngt. Auf der Unterseite des oberen Blocks überdeckt eine dunkelbraune Schwarte den rötlich-braunen Stein (Abb. 3 : B 9 I).

Auf der Sohle der soeben erwähnten Höhle ist ein lockerer Sand

---

[1]) Vgl. hierzu die beigefügte Kartenskizze.

[2]) Vgl. A. Beck, Erläuterungen zur geolog. Spezialkarte, l. c. S. 15 Anm. 1.

[3]) Vgl. A. Beck, Erläuterungen zur geolog. Spezialkarte, l. c. S. 15, Anm. 1.

*) Infolge eines Versehens ist leider in der Abbildung aus der 9 ein q geworden.

von bräunlicher Farbe abgelagert (Abb. 3: B 9 IV). Außerdem befindet sich hier als Schichtenrest ein Block von 90 cm Länge, 20 cm Höhe und 40 cm Breite (Abb. 3: B 9 II) von weißem, sehr mürbem Gestein.

An diesem Felsen wurden folgende Proben untersucht[1]):

1. Die ockerfarbige Schicht an der Dachfläche der horizontalen Höhle. Sie wurde mit einem Messer vorsichtig abgekratzt und auf diese Weise 35 g lufttrockene Substanz erhalten. Ihre Behandlung mit H_2O erfolgte in der üblichen Weise. Diese am 8. Juli 1923 genommene Probe wurde mit B 9 I bezeichnet.

2. Der in der Höhle liegende Block von weißlicher Färbung, der auf der Abb. 3 als B 9 II gekennzeichnet ist. Von ihm wurde am 8. Juli 1923 und am 29. Oktober 1923 Untersuchungsmaterial entnommen.

3. Lockerer Sand aus der Höhle (Abb. 3: B 9 III), von dem am 8. Juli 1923 und am 29. Oktober 1923 Material zur Untersuchung entnommen wurde.

4. Die Schicht über der Sohle der Höhle (B 9 IV). Auch von dieser wurden zwei Proben genommen, die eine am 8. Juli 1923 und die andere am 29. Oktober 1923.

5. Die „weißliche Deckschicht" der halblinsenförmigen Höhlungen auf der Südwestseite des Felsens, die auf der Abb. 3 bei c zu sehen ist. Sie wurde mit B 9 V bezeichnet und am 29. Oktober 1923 gesammelt. Die Untersuchungen ergaben folgendes Resultat:

Von 100 g wurden im Mittel in g gelöst:

Datum	8. VII. 23	29. X. 23	8. VII. 23	8. VII. 23	29. X. 23	29. X. 23	8. VII. 23
Art u. Lage der Probe	Block i. d. Höhle weißes mürbes Gestein		Sand aus der Höhle	Schicht über der Sohle der Höhle mürbes Gestein		weißliche Decksch. d. kl. Höhlungen	ockerfarbige Schwarte i. d. Höhle
Bezeichn.	B 9 II	B 9 II	B 9 III	B 9 IV	B 9 IV	B 9 V	B 9 I
SiO_2	0,004	0,002	0,003	0,003	0,002	0,004	0,086
Sesquioxyd.	—	0,042	0,039	—	0,002	0,046	1,073
CaO	0,294	0,033	0,076	0,221	0,152	0,212	0,071
MgO	0,033	Sp.	0,034	0,062	0,053	0,019	0,054
K_2O	0,019	0,019	0,035	0,017	0,020	0,025	0,119
Na_2O	0,094	0,099	0,109	0,077	0,063	0,058	0,153
$(NH_4)_2O$	0,013	0,004	Sp.	0,002	Sp.	0,001	Sp.
Cl	0,127	0,102	0,115	0,057	0,045	0,066	0,088
SO_3	0,201	0,042	0,308	0,221	0,325	0,231	2,070
Summe gewogener Rückstand	0,785	0,343	0,719	0,660	0,662	0,662	3,715
Reaktion	0,693	0,295 neutral	0,699	0,526 neutral	0,675	0,610 neutral	4,458 sauer

[1]) Vgl. hierzu die Abb. 3.

Stellen wir die Analysen nach der Menge der gelösten Substanz und der Zeit der Probeentnahme zusammen, so ergibt sich folgende Reihe:

Datum der Probeentnahme Bezeichnung	8. VII. 23		29. X. 23	
	gelöste Substanz	davon SO_3	gelöste Substanz	davon SO_3
B 9 I	4,548	2,070	—	—
B 9 III	0,699	0,308	—	—
B 9 II	0,693	0,201	0,295	0,042
B 9 IV	0,527	0,221	0,675	0,325
B 9 V	—	—	0,610	0,231

Auf 100 Teile gelöste Substanz entfallen im Mittel an:

	bei B 9 V %	bei B 9 I %
SiO_2	0,6	2,3
Sesquioxyde	6,95	28,88
CaO	32,02	1,9
MgO	2,87	1,5
K_2O	3,78	3,2
Na_2O	8,76	4,12
$(NH_4)_2O$	0,18	Sp.
Cl	9,99	2,4
SO_3	34,89	55,7
	100,00	100,00

Mit 4,458 g gelöster Substanz steht an erster Stelle B 9 I. Der hohe Gehalt an Sesquioxyden bestätigte die am Fundort gewonnene Überzeugung, daß es sich hier um eine „Eisenschwarte" handelt, wie solche von E. Blanck[1]) auch vom Quadersandstein der Sächsisch-Böhmischen Schweiz untersucht worden sind. Übereinstimmend mit jenen Befunden wurde hier ein verhältnismäßig hoher Anteil an SO_3, sowie saure Reaktion der Lösungen festgestellt. Dagegen (vgl. S. 103 l. c.) wurde von mir ein überwiegender Gehalt an Sesquioxyden im Vergleich zu Ca, Mg und auch zu den Alkalien festgestellt. Die letzteren übertreffen ihrerseits den Gehalt an Erdalkalien. Zur Erklärung der verschiedenen Zusammensetzung der „Schwarten" des Sächsisch-Böhmischen Kreidegebirges und unseres Buntsandsteingebietes dürfte wohl in erster Linie die Tatsache herangezogen werden, daß jener „Quadersandstein" durchaus kein „eisenschüssiger" Sandstein ist, noch ein Bindemittel führt, welches als besonders reich an Eisenverbindungen zu bezeichnen wäre, während das Gegenteil für

[1]) E. Blanck l. c. S. 104.

unseren Buntsandstein zutrifft[1]). Unter Berücksichtigung dieses an und für sich hohen Eisengehaltes erscheint es sehr wohl möglich, daß auch unter Beibehaltung der von E. Blanck[2]) für diese Vorkommen gegebenen Erklärung der „Vererzung" doch noch eine verhältnismäßig große Menge wasserlöslicher Eisenverbindungen vorhanden ist. Genannter Autor hält es für möglich, „daß eisenhaltige Sulfatlösungen durch die nirgends fehlenden organischen Bestandteile der Lösungen reduziert wurden, wodurch eine Abscheidung des Eisens in Sulfidform erfolgte. Der Sauerstoff der Luft, welcher jedoch reichen Zutritt an den äußeren Randzonen hatte, sorgte für Oxydation des Sulfids unter Bildung von Brauneisen, wobei die gebildete Säure mit den Alkalien und Erdalkalien in Wechselwirkung trat und durch die atmosphärischen Wässer eine Auswaschung erfuhr." Unter diesen Voraussetzungen, die eine ständige Wiederkehr von Reduktions- und Oxydationsvorgängen bedingen, erscheint es wohl möglich, daß die Probeentnahme gerade zu einer Zeit stattfand, in der eine verhältnismäßig große Menge löslicher Eisenverbindungen vorlag, aber noch nicht fortgeführt wurde. Nach der Analyse zu urteilen, ist auch Schwefelsäure wieder in hohem Maße an der Zusammensetzung beteiligt.

Aus den Analysen der anderen Proben ist zu ersehen, daß der Sand auf der Sohle der Höhle (B 9 III) einen höheren Gehalt an gelöster Substanz aufweist, als die Schicht über der Sohle der Höhle (B 9 IV) bei der ersten Probeentnahme am 8. Juli 1923. Auch hier scheint wieder eine Anreicherung der tiefer liegenden Schichten vorzuliegen. Bemerkenswert ist der verhältnismäßig hohe Gehalt der Probe B 9 II (8. Juli 1923), der völlig unverständlich erscheint. Es handelt sich hier um den weißlichen, auf der Sohle der Höhle völlig freiliegenden Block, der, was die Menge der gelösten Stoffe anlangt, noch vor B 9 IV, d. i. die Schicht über der Höhlensohle, steht. Da von den Seiten her keine Zuführung von Sickerlösungen erfolgen kann, so kann hier vielleicht an die Möglichkeit eines kapillaren Aufstiegs von unten her gedacht werden, zumal in der Zeit vor der Probeentnahme verhältnismäßig geringe Niederschläge zu verzeichnen waren[3]).

Ziehen wir zum Vergleich die im Oktober genommenen Proben heran, so sehen wir, daß am Ende dieses niederschlagsreichen Monats der Gehalt dieses Blocks an löslichen Bestandteilen erheblich abgenommen hat. Da die Möglichkeit besteht, daß der Regen an diese

[1]) E. Blanck l. c. S. 103 u. 104. Vgl. ferner E. Blanck, Die petrographischen und Bodenverhältnisse der Buntsandsteinformation in Deutschland. Jahreshefte des Vereins für vaterländ. Naturkunde in Württemberg 1910.

[2]) E. Blanck l. c. S. 103/104.

[3]) Vgl. die beigefügte graphische Darstellung der Niederschläge.

Stelle gelangen kann, so scheint eine direkte Auswaschung auch nicht ausgeschlossen, zumal die Verdunstung noch nicht in dem Maße hat wieder einsetzen können, um durch Wiederaufstieg der Lösungen eine Anreicherung herbeizuführen. Da sich jedoch die Verminderung an gelösten Stoffen fast nur auf CaO und SO_3 erstreckt, so erscheint es auch nicht ausgeschlossen, daß der schwerer lösliche Gips ausgeschieden worden ist und zur diagenetischen Verkittung des Sandsteins mitbeigetragen hat, wie solches namentlich im Sächsisch-Böhmischen Gebirge vielerorts zu beobachten ist.

Die Schicht über der Höhlensohle (B 9 IV) zeigt gegenüber der früher genommenen Probe eine geringe Zunahme an SO_3 und organischer Substanz. Wie bei den entsprechenden anderen Fällen kann auch hier wohl an eine Anreicherung von derartigen, aus der auflagernden Humusdecke stammenden Stoffen gedacht werden.

Die Analyse der weißlichen Deckschicht der halblinsenförmigen Höhlungen (B 9 V) gab keine Besonderheiten zu erkennen. Es handelt sich bezüglich der wasserlöslichen Substanz auch hier in der Hauptsache um Sulfate des Calciums, der Sesquioxyde und der Alkalien, zu denen sich geringere Mengen Chloride gesellen, ganz in Übereinstimmung mit den sonstigen diesbezüglichen Befunden[1]).

Wenn auch aus den am Felsen B 9 vorgenommenen Untersuchungen die Zusammenhänge in der Verteilung der Lösungen und die Abhängigkeit von den bisher in Betracht gezogenen Faktoren nicht klar in Erscheinung treten, so müssen wir doch feststellen, daß sich schon innerhalb weniger Monate deutliche Unterschiede im Gehalt an löslichen Substanzen in den einzelnen Schichten zeigen, und daß man durch Berücksichtigung der wechselnden Niederschlagsmengen, sowie auch der Verdunstung am ehesten zu einer Erklärung für dieses Verhalten kommt.

Da in einer früheren Arbeit[2]) über Verwitterungserscheinungen in unserem Buntsandsteingebiet den „Ausblühungen" der Felsen größere Beachtung geschenkt wurde, so wurde auch bei den vorliegenden Untersuchungen danach getrachtet, nach Möglichkeit ähnliche Vorkommnisse in die Hand zu bekommen. Trotz größter Aufmerksamkeit waren aber nur an einem Felsen — außer dem schon von anderer Seite hinreichend untersuchten — ähnliche Bildungen zu beobachten. Die Beschreibung seiner Lage und seiner näheren Umgebung möge zunächst Platz finden:

Am Ausgange des Kellengrundes in das Bürgertal[3]) befindet sich

---

[1]) E. Blanck u. W. Geilmann l. c. § 93.
[2]) E. Blanck u. W. Geilmann l. c. § 98.
[3]) Vgl. die beigefügte Kartenskizze.

auf der rechten Seite des ersteren ein Felsen (B 10) von etwa 9,5 m Höhe und 10 m Frontlänge, an dem deutlich zwei Schichtgruppen zu erkennen sind (vgl. Abb. 4): Erstens ein unterer Sockel aus buntem, weiß bis dunkelrotem, mittelfestem Sandstein von 2,5 m Mächtigkeit. Dieser läßt seinerseits eine 1,3 m mächtige, ziemlich unverwitterte Schicht ohne nennenswerte Schichtung und eine weitere 0,8 m mächtige Schicht von gelbem bis hellrotem Sandstein von mittlerer Härte, der von einer dunkelroten Schwarte überzogen ist, erkennen. Auf dieser Schwarte zeigten sich Ausblühungen (B 10 III) in Gestalt von traubenförmigen weißen Kristallen, die vorsichtig mit dem Messer abgekratzt und untersucht wurden. Zum Vergleiche wurde das darunterliegende gelbe bis hellrote, mürbe Gestein (B 10 I) herangezogen.

Zweitens: Über diesem unteren Sockel erhebt sich in einer Höhe von 3,5 m ein 4—5 m vorspringendes Dach von weißem bis rotem Sandstein von mittlerer Härte. Die untere Seite dieses Daches ist über und über mit Wabenstruktur bedeckt (Abb. 4: b) .Darüber liegt in horizontaler Lage noch eine etwa 2,5 m mächtige Bank regelmäßiger, aber verwitterter Schichten (Abb. 4: a).

Oberhalb dieses Felsens, wie auch des benachbarten Felsens B 9 befindet sich Kiefern- und Fichtenhochwald, untermischt mit wenigen Buchen. Auf der Abb. 4 ist bei Punkt d sehr schön ausgebildete Wabenstruktur zu sehen. Punkt e gibt die Lage des Felsens B 9 an, während f Wabenstruktur eines benachbarten Felsens zeigt. Die Waben erweisen sich hier aber etwas größer als gewöhnlich. Diese beiden Felsen geben ein gutes Bild von der Art ihres Zutagetretens in den Tälern in der Gestalt von Schichtköpfen. Die Abb. 4 zeigt auch sehr schön die Art der Vegetation. Im Vordergrund ist Buschwerk zu sehen, das an anderen Stellen auch oberhalb der Felsen zu sehen ist. Sodann erkennt man deutlich, wie der Humus in jede Spalte hineindringt und von den Seiten und von oben den Felsen vollkommen umhüllt. Die Untersuchung der Proben B 10 I und B 10 III ergab folgendes Resultat: (s. S. 71).

Aus der Analyse der Ausblühungsmasse ist zu ersehen, daß wir es hier in der Hauptsache mit einem Gemisch von Calcium- und Kaliumsulfat zu tun haben. Chlor tritt ganz bedeutend gegenüber Schwefelsäure zurück, ebenso die Kationen Na und Mg. Erheblich ist der Anteil an Mangan. Bemerkenswert ist bei dieser Probe das Vorhandensein von Nitratstickstoff, der aber bei der geringen Menge des zur Verfügung stehenden Materials nicht quantitativ erfaßt werden konnte. Da diese Ausblühungen den früher untersuchten Ausfüllungen der Waben usw.[1]) nahestehen, so erfahren die dort gemachten Fest-

[1]) E. Blanck u. W. Geilmann l. c. S. 93.

Von 100 g wurden im Mittel gelöst in g:

Datum	8. VII. 23	8. VII. 23
Art der Probe	Ausblühungen	dahinter lieg. mürb. Gestein
Bezeichnung	B 10 I	B 10 III
SiO_2	0,071	0,003
Mn_3O_4	0,152	Sesquiox. 0,003
CaO	3,276	—
MgO	0,287	Sp.
K_2O	1,166	0,029
Na_2O	0,209	0,030
$(NH_4)_2O$	Sp.	0,001
Cl	0,110	0,010
SO_3	6,092	0,045
N_2O_5	Sp.	
Summe	11,360	0,121
Gewogener Rückstand	11,824	0,113
Reaktion	neutral	neutral

Auf 100 Teile gelöster Substanz entfallen im Mittel an:

	B 10 I %	B 10 III %
SiO_2	0,6	2,5
Mn_3O_4	1,3	Sesquiox. 2,4
CaO	28,9	—
MgO	2,5	Sp.
K_2O	10,3	24,0
Na_2O	1,8	24,8
$(NH_4)_2O$	Sp.	0,8
Cl	1.0	8,3
SO_3	53,6	37,2
N_2O_5	Sp.	
	100,0	100,0

stellungen hinsichtlich des Nitratgehaltes dieser Substanzen eine weitere Stütze.

In dem mürben Gestein (B 10 III) ist CaO überhaupt nicht nachzuweisen, MgO zeigt sich nur in Spuren, wogegen K und Na in gleicher Menge auftreten. SO_3 ist wieder reichlich vorhanden. Die hier festgestellte Menge an Cl erscheint im Vergleich zu B 10 I verhältnismäßig hoch.

Der Gips scheint hier fast völlig in die Ausblühungen hineingegangen und ausgeschieden worden zu sein, ebenso die größte Menge von K_2O, Na_2O und MgO, nebst Mn, wie auch ein Teil des Cl, so daß nur noch ein Teil der leicht löslichen Alkalien im Gestein zurückgeblieben ist. Hier müßten also besonders günstige Bedingungen für die Verdunstung vorhanden gewesen sein, worauf ja auch die Anwesenheit von Nitrat als Folge oxydierten Ammoniakstickstoffs hindeutet. —

Die Untersuchungen des Felsens B 10 kann man mit den folgenden zu einer Gruppe zusammenfassen: Es kam hierbei nicht in Frage, den Verlauf der Sickerlösungen an ein und demselben Felsen zu studieren, sondern es sollte durch einzelne Stichproben in Erfahrung gebracht werden, ob an anderen Felsen eine wesentlich andere Zusammensetzung der wasserlöslichen Bestandteile des Gesteins vorhanden sei, als bisher beobachtet worden war, und ob sich hierauf auch noch andere Faktoren als die schon angeführten geltend machen können.

An derselben Seite des soeben erwähnten Kellengrundes[1]), an der sich der Felsen B 10 befindet, liegt etwas talaufwärts eine Reihe von zutage tretenden Schichtköpfen. Alle Schichten derselben liegen nahezu horizontal. Die Mächtigkeit des freiliegenden Gesteins beträgt in der Regel nicht mehr als 2 m. Stark verwitterter Sandstein und Wabenstruktur sind auch hier überall zu beobachten. Einer dieser Schichtköpfe (B 22) diente zur Probeentnahme. Er zeichnete sich durch eine Mächtigkeit von 4 m aus.

Auch hier sind es wieder zwei Absätze, die deutlich zu erkennen sind; ein unterer fester Sockel von rotem bis gelbem Sandstein, der nach der Südsüdwestseite diskordante Schichtung und Wabenstruktur zeigt, und ein darüber liegender Block, der an der Südostecke unterhöhlt abgeschrägt ist, so daß er unten etwa 1 m gegen den unteren Block zurücksteht, während er oben weniger zurücktritt. Auf der südwestlichen Seite bilden die beiden Stufen eine senkrechte Wand. Der obere aus vielen einzelnen Schichten bestehende Block ist mannigfach zerklüftet und mit Wabenstruktur versehen.

Das Material dieses Felsens B 22 ist ein fester, roter bis hellroter Sandstein. Der untere Teil des oberen Blocks ist von mürberer Beschaffenheit als der Sockel. Infolgedessen hat sich auf der flachen Oberseite desselben Sand abgelagert, welcher (B 22) am 29. Oktober 1923 gesammelt und untersucht wurde. Die niedere Waldvegetation in der Nachbarschaft des Felsens besteht aus Moosen, Farnen, Gräsern und Heidelbeeren; der Hochwald weist Buchen, Birken, Eichen, Kiefern und Tannen auf, aber die Kiefer herrscht vor.

Von 100 g dieser aus Sand bestehenden Probe B 22 wurden im Mittel gelöst in g:

SiO_2	0,001	$(NH_4)_2O$	0,002
Sesquioxyde	0,004	Cl	0,006
CaO	0,010	SO_3	0,018
MgO	Sp.	Summe	0,049
K_2O	0,002	Gewogener Rückstand	0,049
Na_2O	0,006		

Die Reaktion der wässerigen Lösung war schwach sauer.

[1]) Vgl. die beigefügte Kartenskizze.

Außer der Feststellung, daß die Summe der löslichen Substanzen (0,049) recht gering ist, fällt der verhältnismäßig hohe Anteil an Ammonium auf. Im übrigen schließt sich dieser Befund an die bisher gemachten an. Es geht auch aus ihm hervor, daß wir es in der Hauptsache mit Sulfaten des Calciums und der Alkalien zu tun haben, gegenüber welchen die Chloride zurücktreten.

Im Gegensatz zu dem soeben beschriebenen Felsen, der sich durch keine besonderen Merkmale auszeichnete und auch an der Stelle der Probeentnahme keine Austrittsstelle für Sickerlösungen vermuten ließ, steht die Probe B 21. Der Felsen, dem sie entnommen ist, liegt dem ersteren auf der linken (südlichen) Seite des Kellengrundes[1]) gegenüber und steht mit seiner Ostfront nach einer nordsüdlich gerichteten Quertalung des Kellengrundes in einer Länge von 18 m frei zutage, während er nach dem Kellengrunde zu ungefähr 2 m frei nach Norden liegt. Er bildet also gewissermaßen den Eckstein der beiden Täler. Seine Gesamthöhe beträgt 3—4 m.

Im wesentlichen besteht B 21 aus zwei Hauptschichtengruppen, die beide aus ziemlich festem, mittel- bis dunkelrotem Sandstein bestehen, wenig verwittert sind, aber teilweise sehr gut entwickelte Wabenstruktur zeigen. Die Lage der Schichten ist nahezu horizontal. Infolgedessen tritt das Sickerwasser, dem Gang der Schichten folgend an der Nordseite in ungefähr 1,5 m Höhe über dem Erdboden aus. Der Felsen ist auf seiner Oberfläche reichlich von Humus und Vegetation bedeckt; der Baumwuchs besteht fast nur aus Buchen, die nur vereinzelt mit Eichen durchsetzt sind. Selbst auf den vorderen Kanten des Felsens stehen noch Buchen. Den beiden Hauptschichten ist eine weniger harte Schicht zwischengelagert, so daß auch hier eine horizontale Schichtfuge auftritt, deren Sohle mit losem Sand bedeckt ist. Von dieser mürben Schicht wurde auf der östlichen Seite des Felsens die Probe B 21 am 29. Oktober 1923 genommen, deren chemische Untersuchung für je 100 g Substanz folgende Mengen wasserlöslicher Bestandteile zu erkennen gab:

SiO_2	0,003
Sesquioxyde	0,019
CaO	0,055
MgO	0,011
K_2O	0,017
Na_2O	0,038
$(NH_4)_2O$	0,001
Cl	0,008
SO_3	0,103
Summe	0,245
Gewogener Rückstand	0,249
Reaktion	neutral

[1]) Vgl. die beigefügte Kartenskizze.

Der Löslichkeitsgrad bzw. die Konzentration der Lösung ist hier bedeutend größer als bei B 22, aber in Hinsicht auf die Anteilnahme von einzelnen Bestandteilen ist keine große Abweichung festzustellen.

An dieser Stelle lassen sich wohl am besten die Untersuchungsergebnisse der Proben J I und J II einschalten. Sie wurden nicht dem auf der anliegenden Kartenskizze wiedergegebenen Gebiet entnommen, sondern entstammen der sog. Ischenröder Schweiz, so daß sich zuvor eine kurze Lagebeschreibung notwendig erweist.

Etwa 5 km südostlich des schon erwähnten Dorfes Reinhausen befindet sich der Ort Bremke, der im Süden von Waldungen begrenzt wird. An dem Südabhang des sich hier befindenden Mönchebergs zieht sich ein Tal hin, das an beiden Seiten von unsern freiliegenden Felsenbildungen umsäumt wird und etwa 90 m breit und 20 m tief ist. Trotz der Steilheit der Talwände sind jene mit älteren Bäumen wie Buchen und Eichen bestanden, während der Mönchеberg selbst an dieser Stelle mit etwa 10jähriger Kiefernschonung bewaldet ist. 200 m vom Ausgang des Tales steht auf der linken (westlichen) Seite ein etwas vorspringender Felsen, der nach Osten zu eine horizontale Schichthöhle aufweist. Diese geht etwa 1,75 m in das Gestein hinein und erreicht nicht über 40 cm Höhe. Da sie auf die Einschaltung einer mürben Schicht zurückzuführen ist, so ist ihre Fortsetzung noch deutlich an den übrigen Felsen des Tales zu verfolgen. Auf ihrer Sohle liegt der zur Untersuchung herangezogene lockere Sand, der die Bezeichnung J I erhielt. Im Vordergrund der Höhle wurde ein 30 : 20 : 10 cm messender Block, der das Hangende und Liegende der Höhle miteinander verband, und gewissermaßen als Stütze des Hangenden diente, vorgefunden. Er (J II) wurde gleichfalls untersucht. Die Analyse der am 7. Mai 1923 genommenen Proben ergab, daß von 100 g angewandter Substanz gelöst wurden:

	J I	J II
Art der Probe	Sand	Block
SiO_2	0,004	0,002
CaO	0,398	0,017
MgO	0,039	0,004
K_2O	0,001	0,007
Na_2O	0,112	0,021
$(NH_4)_2O$	0,001	Sp.
Cl	0,062	0,010
SO_3	0,525	0,003
Summe	1,142	0,064
Gewogener Rückstand	1,155	0,071
CO_2	—	Sp.

Zu diesen Befunden ist folgendes zu sagen: Auffallend ist der

außerordentlich hohe Gehalt an wasserlöslichen Bestandteilen des losen Sandes J I. Er steht in seiner Höhe mit 1,164 g von sämtlichen untersuchten Sand- und Gesteinsproben an erster Stelle. Wahrscheinlich ist er auf ein außerordentlich günstiges Zusammentreffen aller Faktoren, die nach den bisherigen Ergebnissen eine hohe Konzentration der Lösungen bewirken, zurückzuführen. Vielleicht mag sogar der Block (J II) als die Leitbahn der Sickerwässer von der oberen Bank in den Sand fungiert haben, und die Verdunstung kann gleichfalls mit im Spiele gewesen sein, denn die Probeentnahme erfolgte im Mai, also zu einer Zeit, in der die Verdunstung relativ hoch zu sein pflegt[1]). Die Monate vorher haben jedenfalls nicht zu große Niederschläge aufzuweisen[2]).

Ferner befanden sich auf der Oberfläche des Felsens Stümpfe von Tannen, die schon stark humifiziert waren, so daß auch eine ziemlich starke Rohhumusdecke als Spenderin der Mineralstoffe in Frage kommt. Ob alle von den angeführten Umständen genügen, um die hohe Menge der löslichen Substanz der Probe J I zu erklären, mag dahingestellt sein. In bezug auf die Zusammensetzung der Lösung ist keine Besonderheit zu bemerken.

Die Untersuchung des Blocks J II hat ebenfalls ein Resultat ergeben, das in keiner Weise aus dem Gesamtrahmen herausfällt.

Außer diesen Sand- und Gesteinsproben wurden noch einige Waldböden nach derselben Methode untersucht, wobei folgende Gesichtspunkte etwa maßgebend waren: Da es sich gezeigt hat, daß die innerhalb der Felsen wandernden Lösungen eine höhere Konzentration aufweisen als der Verwitterungssand oberhalb der Felsen, und da sie sich ferner auf ihrem Wege von oben nach unten anreichern, so erschien es beachtenswert zu erfahren, ob auch eine Anreicherung der unterhalb der Felsen befindlichen Waldböden stattfindet und sich auf diese Weise ein Einfluß auf das Nährstoffkapital derselben geltend macht. Zu diesem Zwecke wurden sechs verschiedene Böden auf ihre wasserlöslichen Anteile untersucht, und zwar dienten zur Probeentnahme vier Stellen unterhalb des Felsens R, ferner zwei Stellen am Fuße des Felsens B 10 im Bürgertal. Die genaue Lage der Böden unterhalb des Felsens R wurde bei der Beschreibung der an diesem Felsen entnommenen Gesteinsproben angegeben. Im Bürgertal ist an der auf Abb. 4 mit g bezeichneten Stelle der Boden B I entnommen, die Probe Boden B II entstammt einige Meter weiter talabwärts. Von 100 g fanden sich gelöst:

---

[1]) Vgl. Wollny, Forschungen a. d. Gebiet der Agrikulturphysik, Bd. XI. S. 65.

[2]) Vgl. graphische Darstellung der Niederschläge.

Datum	1. VI. 1924				25. V. 1924		29. X. 23
Bezeichn.	Boden R I	Boden R II	Boden R III	Boden R IV	Boden B I	Boden B II	Sand R III
SiO_2	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001
Sesquioxyd.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	0,004	0,006	—
CaO	0,004	0,004	0,003	0,003	0,009	0,005	0,004
MgO	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	Sp.
K_2O	0,006	0,006	0,008	0,007	0,007	0,004	0,003
Na_2O	0,003	0,002	0,005	0,001	0,003	0,006	0,006
$(NH_4)_2O$	0,004	0,002	0,003	0,004	Sp.	Sp.	0,002
Cl	0,005	0,002	0,007	0,002	0,005	0,006	0,003
SO_3	0,005	0,004	0,007	0,002	0,016	0,009	0,006
Summe gewogener Rückstand	0,032	0,024	0,037	0,022	0,050	0,043	0,025
	0,041	0,029	0,025	0,025	0,038	0,034	0,029

Aus dieser Zusammenstellung ist zu ersehen, daß von einer nennenswerten Anreicherung der Bodenlösungen durch Zufuhr aus dem Gestein nicht gesprochen werden kann. Die Summe der löslichen Stoffe ist durchweg geringer als die der Gesteinsproben. Von einer Vorherrschaft der Sulfate ist ebenfalls keine Rede mehr, dagegen ist eine verhältnismäßig größere Menge an Ammonium festgestellt worden. Bemerkenswert ist auch die neutrale Reaktion der wässerigen Auszüge. Es gewinnt somit den Anschein, als ob Sickerlösungen von hoher Konzentration nur an die Felsen gebunden sind und nicht imstande sind, in den Waldboden überzutreten und ihn an mineralischen Nährstoffen anzureichern. Wie weit dies ganz allgemein zutrifft, kann hier nicht festgestellt werden, da die untersuchten Proben nur aus der obersten Schicht entnommen wurden. Es ist aber andererseits nicht zu vergessen, daß einmal ein rasches Absickern der Lösungen in tiefere Schichten des Sandbodens erfolgt, und daß sich ein anderes Mal die Vegetation in Gestalt von Kräutern und Bäumen sehr schnell der gelösten Nährstoffe bemächtigen wird. Als weitere Stütze hierfür mag die mündliche Angabe des Oberförsters Müller in Reinhausen dienen, nach der sich hier trotz des an und für sich ziemlich armen Sandbodens der Talungen dennoch ein guter Bestand an Waldbäumen vorfindet. Dies deckt sich völlig mit den über Vegetation und Nährstoffgehalt der Buntsandsteinböden bekannt gewordenen Feststellungen[1]).

Im Vorhergehenden ist versucht worden, die Abhängigkeit der Lösungskonzentration 1. von der Lagerung der Schichten und 2. von dem Wechsel der Niederschläge im Zusammenhang mit der Verdun-

[1]) E. Blanck, Über die petrographischen und Bodenverhältnisse usw. l. c. (1911) S. 37.

stung wahrscheinlich zu machen. Da wir aber die aus dem Humus durch Oxydation gebildete SO_3 als das hauptsächlichste Verwitterungsagens glauben ansehen zu müssen, so kann eine kurze Erörterung der Herkunft der SO_3 nicht übergangen werden.

Es ist von vornherein anzunehmen, daß je nach der Art der den Humus liefernden Pflanzen erhebliche Abweichungen in der Zusammensetzung desselben auftreten. Dies zeigen denn auch die von E. von Wolff[1]) zusammengestellten Aschenanalysen:

Bezeichnung der Stoffe	Buchenlaubstreu	Kiefernnadelnstreu	Fichtennadelnstreu	Weißtannennadelnstreu
Zahl der Analysen	23	14	24	5
Reinasche	5,43	1,41	4,61	3,78
In 100 Teilen der Reinasche				
K_2O	4,90	10,53	3,32	8,31
Na_2O	1,06	3,67	1,03	1,53
CaO	45,31	37,61	39,81	59,30
MgO	6,56	9,84	4,45	7,70
Fe_2O_3	3,14	4,67	2,97	2,56
Mn_3O_4	0,74	2,38	0,43	—
P_2O_5	5,16	8,48	4,99	8,28
SO_3	2,11	3,94	1,63	2,42
SiO_2	31,01	15,08	45,01	7,72
Cl	—	—	—	—

Jedoch die Unterschiede treten in der folgenden von E. Ebermayer[2]) angegebenen Tabelle besser hervor (s. Tabelle S. 78).

Oder entsprechend dem SO_3-Gehalt angeordnet, ergibt sich nachstehende Reihenfolge:

Farnkraut	2,35
versch. Waldmoose	1,65
Buchenlaubstreu	1,09
Weißtannennadeln	0,93
Fichtenadelstreu	0,70
Kiefernnadelstreu	0,53

Moose und Farnkräuter sind hiernach in erster Linie als Schwefelsäurelieferanten anzusehen. Dann folgt in erheblichem Abstand die Buchenlaubstreu, während die Kiefernadelstreu nur die halbe Menge SO_3 als die Buchenlaubstreu aufzuweisen hat.

Durchschnittlich beträgt aber nach Ebermayer[2]) der jährliche Streuanfall von normalen und gut geschlossenen Buchenbeständen

[1]) E. v. Wolff, Aschenanalysen von land- u. forstwirtsch. wicht. Produkten 1880, S. 138/39.

[2]) E. Ebermayer, Lehre der Waldstreu, Berlin 1876, S. 108/109.

In 1 kg der bei 100° C getrockneten Streumaterialien sind enthalten in g an SO_3:

Bezeichnung der Streumaterialien	Zahl der Analysen	Maximum	Minimum	Mittel
Buchenlaubstreu	21	2,54	0,53	1,09
Fichtennadelstreu	18	1,18	0,43	0,70
Fichtenrinde, Borkenschuppen nach Schröder	1	—	—	0,88
Weißtannennadeln	5	1,04	0,78	0,93
frische Tannennadeln im Winter (Abstreu)	1	—	—	1,60
Lärchennadeln, abgefallen	1	—	—	0,65
Eichenlaub, abgefallen	1	—	—	0,75
Eichenblätter, abgestorben	1	—	—	2,17
Kiefernadelstreu nach Schröder	1	—	—	0,99
Kiefernäste, abgestorbenes Leseholz nach Schröder	1	—	—	0,30
verschiedene Waldmoosse	3	—	—	1,65
verschiedene Waldmoose (nach v. Wolff)	7	—	—	1,29
Farnkraut (nach v. Wolff)	—	—	—	2,35
Kiefernadelstreu	11	0,60	0,42	0,53

je ha 4107 kg, desgleichen von Fichten- und Kiefernbeständen 3537 bzw. 3706 kg, so daß sich nach vorliegenden Angaben der Gehalt der verschiedenen Laubstreu an SO_3 je ha und Jahr wie folgt stellen würde:

Buche	Fichte	Kiefer
3,824	2,165	1,682 kg

Wir können hieraus zwar entnehmen, daß der Laubwald durch seine Streu dem Standort weit mehr SO_3 als der Nadelwald zuführt. Allerdings anderen Analysen zufolge tritt der Unterschied zwischen dem Gehalt des Buchenwaldhumus und Nadelholzhumus an SO_3 nicht so deutlich in Erscheinung; denn derselbe Autor[1]) gibt für Buchenhumus des Spessart 0,186 % SO_3 und für einen schwarzen, stark zersetzten und daher schon strukturlos gewordenen Nadelholzhumus der bayerischen Alpen einen nahezu gleichen, nämlich von 0,177 % SO_3 an. Vielleicht spielt aber dabei der Grad des Aufbereitungszustandes eine bedeutende Rolle.

Die von mir für mein Untersuchungsgebiet ausgeführten Streuuntersuchungen auf SO_3 erstrecken sich auf eine von der Oberfläche des zweiten Absatzes des Felsens R im Reintal genommene Rohhumusprobe, die fast nur aus humifizierter und frischer Buchenstreudecke

[1]) Ebermayer, Lehre der Waldstreu, l. c. S. 52/53 und S. 53 Anm.

bestand, desgleichen auf eine fast nur aus Fichtenstreu und Moossubstanz dem Felsen B 9 auflagernde Rohhumusmasse und schließlich auf eine solche von der Oberfläche des Felsens B 3. Die letztere zeigte sich als aus Humus und Streu eines gemischten Bestandes von Tannen, Kiefern, Buchen und Birken, sowie sonstigem Strauchwerk zusammengesetzt.

	R			B 9			B 3		
Rohhumus lufttrocken gemahlen	20,000	10,842	21,470	7,857	6,041	9,690	13,579	12,542	13,359
Entspr. trockn. sandfreie Humusmasse	6,837	3,880	7,338	5,698	4,382	7,028	6,510	6,012	6,405
Gefunden $BaSO_4$ in g	0,035	0,045	0,048	0,046	0,05	0,047	0,031	0,040	0,024
SO_3 in %	0,176	0,397	0,224	0,277	0,391	0,229	0,163	0,226	0,112
im Mittel %		0,266			0,299			0,167	
		± 0,053			± 0,037			± 0,024	

Die sich in den Analysen zeigenden beträchtlichen Schwankungen erscheinen verständlich, wenn man in Rücksicht zieht, daß die Einzelproben durchaus kein einheitliches Material darstellen, und daß eine einheitliche Mischprobe aus dem Gemenge von mehr oder weniger zersetztem, aus Bruchstücken von Zweigen und dergleichen mit Sand untermischtem Rohmaterial gar nicht herzustellen ist. Nur eine sehr große Anzahl von Analysen, wie solche auch den Werten Ebermayers zugrunde liegen, sind imstande, ein einigermaßen zutreffendes Bild zu geben. Die ermittelten Werte für SO_3 schließen sich jedoch im allgemeinen den von Ebermayer mitgeteilten Befunden an, wenn auch in Hinsicht auf die Herkunft des Streumaterials keine Unterschiede zum Ausdruck kommen. Dies hat aber wohl seinen Grund darin, daß wir es im Gebiet der untersuchten Streudecken überhaupt nicht mit einem reinen Waldbestand. zu tun haben.

Besser als die Werte der Gesamtschwefelsäurebestimmung schließen sich die Befunde der wasserlöslichen SO_3 an die von anderer Seite gefundenen Gehaltszahlen an[1]). Denn es wurden für R 0,119%, für B 9 0,112% und für B 3 0,101% wasserlösliche SO_3 ermittelt.

Wenn Ebermayer an Hand analytischer Befunde von einjährigem und zweijährigem Buchenlaub bis zum Humus eine Zunahme von Mineralbestandteilen nachweist und die Ansicht vertritt, daß die Niederschläge nicht alle leichtlöslichen Bestandteile zu lösen vermögen, so wird damit nur bestätigt, daß solche Bestandteile dauernd zur Verfügung stehen, um je nach der Menge der vorhandenen meteorischen Wässer in den Untergrund gespült werden zu können.

Ferner gelangt A. Rippel[2]) auf Grund eigener wie fremder

[1]) Ebermayer l. c. S. 226.

[2]) A. Rippel, Biolog. Zentralbl. 41, S. 520/21.

Untersuchungen zu dem beachtenswerten Schluß, daß es sich bei der Abwanderung des Stickstoffs aus der Pflanze, der vornehmlich in Eiweißbindung vorliegt, wie auch ebenso bei derjenigen von Kalium und Phosphorsäure im herbstlich vergilbenden Laubblatt, nicht etwa um einen mechanischen Verlust, wobei allein Auswaschung durch Regen oder Tau in Frage kommt, handelt. Denn gerade diejenigen Bestandteile, die nicht abnehmen, sondern bis zum Schluß noch weiter zunehmen (Ca, S, Cl), zeichnen sich durch eine hohe Wasserlöslichkeit aus (60—100%).

Hierdurch erfährt aber unsere Annahme, daß die Bestandteile der in den Felsen zirkulierenden Lösungen aus der Humusdecke stammen, eine weitere Stütze, und es ist leicht einzusehen, daß diese leichtlöslichen Stoffe, besonders Ca als Sulfat oder Chlorid, durch den Laubabfall alljährlich eine Zunahme erfahren, so daß diese Quelle nie zu fließen aufhört.

Wie wir aber schon erfahren haben, genügt nach den Untersuchungen Ebermayers (l. c. S. 42) die Niederschlagsmenge des Regens oder Taus in unseren Gebieten nicht, um sämtliche in leichtlöslicher Form vorhandenen anorganischen Stoffe der Streudecke bzw. der Rohhumusdecke tatsächlich auszuwaschen. Es folgt hieraus wiederum eine gewisse Anhäufung hieran, andererseits ergibt sich aber auch die Erklärung für die in vorliegender Arbeit festgestellte Erscheinung, daß die Konzentration der im Gestein zirkulierenden Lösungen einem dauernden Wechsel unterworfen ist, der nur auf einem Zusammenhang derselben mit den Niederschlagsverhältnissen beruhen kann. So hat sich doch bei den Felsen B 3 und B 9, von denen zu verschiedenen Zeiten Proben an gleichen Stellen entnommen wurden, eine deutliche Veränderung in der Zusammensetzung der Wasserauszüge gezeigt, die im allgemeinen dort aus einer Zunahme bestand, wo augenscheinlich die Sickerwässer gut hingelangen konnten. Es zeigt der Felsen B 3 an seinen leicht zugänglichen Stellen eine Zunahme und umgekehrt, wo die Zugänglichkeit erschwert ist, eine Abnahme der Summe der löslichen Stoffe. Durch die Niederschläge am Ende des Monats Juni bis Mitte September, die mit 61,2 mm für den Monat August (vgl. graphische Darstellung) das Jahresmittel (61,9) betragen, ist daher eine wesentliche Verschiebung der nach der Summe der gelösten Stoffe geordneten Proben eingetreten. Auch beim Felsen B 9, wo der regenreiche Monat Oktober (159,9 mm), noch innerhalb der Beobachtungsperiode liegt, zeigt sich eine Zunahme der löslichen Substanz der Schicht über der Sohle der Höhle, während der in der Höhle liegende weißliche Block wohl durch direkte Auswaschung seinen bedeutend geringeren Wert als bei der ersten Probeentnahme ergab.

Es bleibt nun noch übrig, kurz auf einige Faktoren der Verwitterung hinzuweisen, die für die Erklärung der in Frage stehenden Erscheinung herangezogen werden könnten, nämlich z. B. die Exposition der Felsen und die damit im Zusammenhang stehenden Wirkungen der Erosion und Deflation, wie auch schließlich die durch die geologisch-petrographische Sonderheit der einzelnen Sandsteinpartien bedingten Verhältnisse, als da sind Schichtenneigung und strukturelle Ausbildung. In dieser Hinsicht konnte jedoch keine gesetzmäßige Beziehung festgestellt werden.

Fassen wir kurz die Ergebnisse vorliegender Untersuchung zusammen, so können wir sagen:

1. Die in den Buntsandsteinfelsen zirkulierenden Lösungen, die zur Hauptsache aus Sulfaten neben geringen Mengen von Chloriden bestehen, weisen eine verschiedene Konzentration auf, während in stofflicher Hinsucht keine bemerkenswerten Unterschiede bestehen.

2. Der Konzentrationsgrad scheint zuweilen von der Mächtigkeit der durchsickerten Gesteinsmasse abhängig zu sein, insofern in den tieferen Schichten ein stärkeres Anwachsen des Gehalts an gelösten Bestandteilen festzustellen ist.

3. Jedoch mit den fallenden Niederschlagsmengen vermag sich dieses Bild wesentlich zu ändern, und auch die Verdunstung übt ihren Einfluß in genannter Richtung aus, ebenso wie die günstige oder ungünstige Zirkulationsmöglichkeit der Lösungen im Gestein für eine schnelle oder langsame Zufuhr und damit Anreicherung oder Verarmung an gelösten Stoffen sorgt.

4. Die äußeren Verhältnisse in der Lage der Felsen und die damit gleicherweise im Zusammenhang stehenden Einflüsse der Erosion und Deflation, ebenso die geologisch-petrographische Sonderheit des Gesteins scheinen von keiner besonderen Bedeutung für die Konzentration der Lösungen zu sein.

5. Der auffallend hohe Gehalt aller Lösungen an SO_3 entstammt aus der organischen Substanz der auf den Felsen auflagernden und alljährlich neu zugeführten Rohhumusbildungen. Hierfür spricht nicht allein der Gehalt der Streuablagerungen an SO_3 und die leichte Auswaschbarkeit der Sulfate bzw. S-Verbindungen der ständig anfallenden Laub- oder Nadelstreu, sondern auch schon die reichliche und dauernde Anwesenheit der Sulfate, wie auch des Ammoniums in den Lösungen.

6. Eine Abhängigkeit der Lösungen in ihrem Sulfatgehalt von der Art der Streu- und Humusdecke konnte dagegen nicht ermittelt werden.

7. Eine Beeinflussung des Nährstoffkapitals des umliegenden

Waldbodens durch die in den Felsen zirkulierenden Lösungen, also eine Abgabe dieser an den Waldboden ließ sich nicht nachweisen.

8. Die bisherigen Feststellungen über die Beschaffenheit solcher Lösungen in analogen Felsbildungen anderer Gebiete und anderer Formationen konnten bestätigt werden.

9. Die im Gestein zirkulierenden Lösungen sind als die am kräftigsten wirksamen Verwitterungsagentien anzusehen, sie betätigen sich aber auch andererseits unter bestimmten Bedingungen als diagenetisch wirksame Faktoren. Sie sind das Produkt der sog. Humusverwitterung als Ausdruck der Wechselwirkung zwischen aufbereiteter organischer Substanz und unterlagerndem Gestein.

Dem Umstande aber, daß die zur Untersuchung dienenden Felsen nach mehreren Seiten hin frei zutage treten, und daß die Natur des Sandsteins Zufuhr und Verdunstung der Tagewässer überaus begünstigt, ist es zuzuschreiben, daß die Wirkungsweise genannter Faktoren so besonders deutlich in Erscheinung tritt.

Agrikulturchemisches und Bodenkundliches Institut der Universität Göttingen.

Lebenslauf.

Ich, Fritz Klander, Sohn des damaligen königl. Oberlandmessers Karl Klander, bin geboren am 23 Februar 1902 zu Duderstadt, Kreis Duderstadt, und bin evangelisch-lutherischer Konfession. Ich besuchte die Vorschulen und das Gymnasium zu Duderstadt und Erfurt und verließ das Göttinger Gymnasium Ostern 1920 mit dem Zeugnis der Reife, um mich an der Georg-August-Universität dem Studium der Landwirtschaft zu widmen, das ich Ostern 1923 mit dem Staatsexamen abschließen konnte.

Im Anschluß daran arbeitete ich im Agrikulturchemischen und bodenkundlichen Institut der Georg-August-Universität.

Ich besuchte die Vorlesungen und Übungen folgender Herren Dozenten: Berthold, Blanck, Ehrenberg, Esser, Niedermeyer, Oldenberg, Peter, Pohl, Seedorf, I. Schmidt, H. Schmidt, Stille und Tornau.

Klander.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Klander. Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Klander.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Klander. Verlag von Gustav Fischer in Jena.

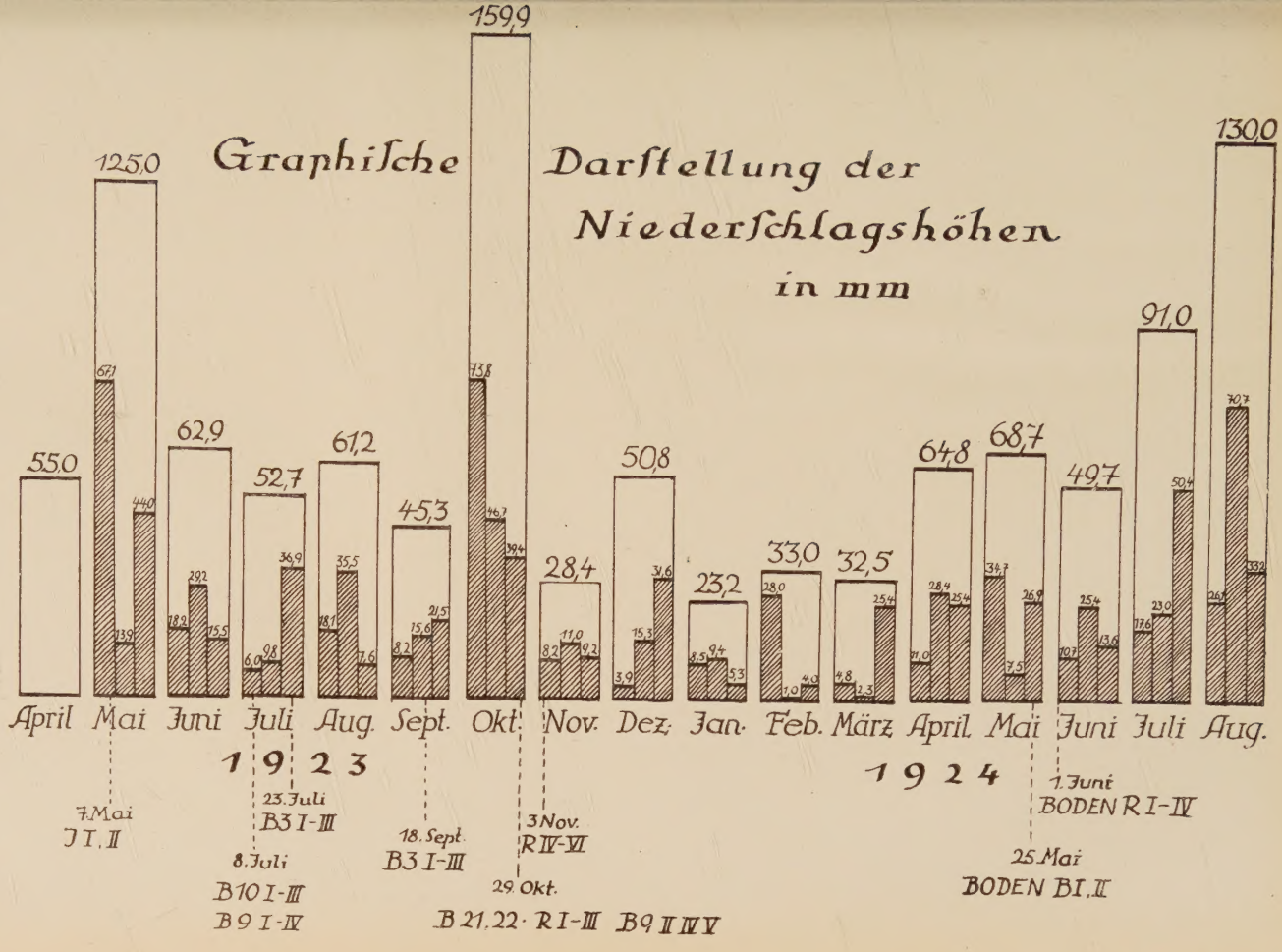
Lageplan

eines Teiles der Bodenhausener Forst

Maßstab 1:12500

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 m

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



Verlag von Gustav Fischer in Jena.

G. Pätz'sche Buchdruckerei
Lippert & Co. G. m. b. H.,
Naumburg a. d. S.